

建設省工本研究所 正 塩井 幸武

正 光家 康夫

正 山本 洋司

## 1 経緯

飽和した砂質土盤上の構造物の基礎の地震に対する設計を合理化するためには地震時の砂の流動化現象のメカニズムを明らかにするとともに、これによる基礎の変形性状を調べる必要がある。これまでの流動化に関する研究の多くは砂地盤そのものを対象にとりあげている。しかし、過去に流動化の生じた場所は図-1にみるとおり、砂層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ことが多い。飽和した砂の流動化現象が動的せん断ひずみの大小に起因することが知られているが、このせん断ひずみの発生過程に上記の粘性地盤の存在が影響するとみられる。前年は図-1のような地盤を図-2のような実験槽の中でモデル化して振動実験を行ない、得られたいくつかの定性的な結果を発表している。図-2において直線で表わす部分が粘性地盤で点線の部分が砂層を示す。一連の実験の結果をまとめると以下のとおりであった。

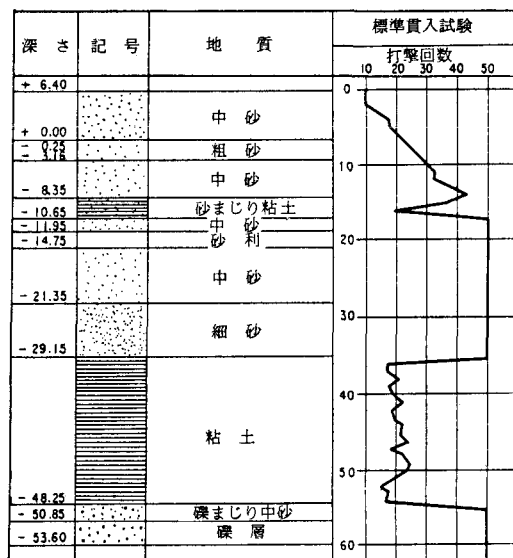


図-1 福井盆地の地質の1例

- (1) 入力された振動エネルギーは粘性地盤で蓄積、拡大されて上層の飽和砂層の流動化の原因になったとみられる。
- (2) 飽和砂層の流動化によって振動エネルギーの大部分は砂層の破壊という仕事量と流動した砂の運動エネルギーに転換したものと推定できる。
- (3) 上部の砂層の強度が高いときには下部の軟弱地盤の振動も拘束され、全体の振動も小さくなる。
- (4) 上部の砂層や水の重量は下部の軟弱地盤の振動性状を大きく変えるので解析上、無視することができない。

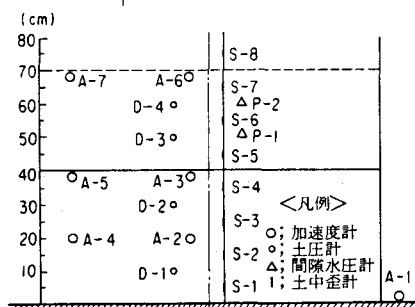


図-2 模型①～⑥の計器の配置

- (5) 飽和砂層の上の不透水膜の存在は振動波の反射やその下の砂層の間隙水圧の上昇など、

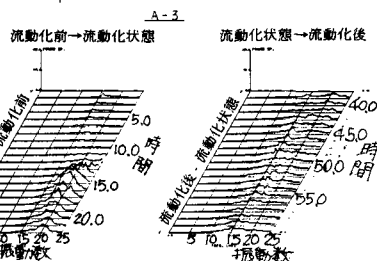
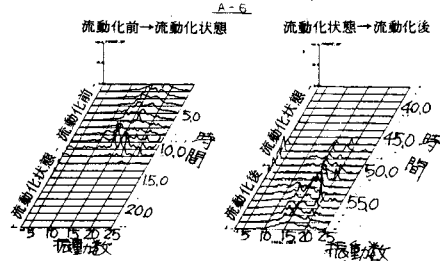


図-3 流動化前後の上部、下部地層の加速度パワースペクトル比



流動化に大きな影響を与える。

なお、上記の結果を確認する意味で模型⑤における上層と下層の不規則波入力時の応答波形に対して1秒毎に

ランニングスペクトルを計算して、入力波のパワースペクトルとの比を立体的に示したものが図-3である。同図より、エネルギーの移りかわりと消費の過程、長い流動化時間を説明することができる。

## 2 今回の実験

前回の実験では流動化する時の加速度の値が300~500ガルにもおよんだので、高くなった原因を検討するために図

4の模型実験を計画した。その結果は表-1のとおりとなった。流動化は正弦波10Hzで模型⑦が300ガル、模型⑧が300ガル、模型⑨が200ガルであった。表-1からそれぞれの推定弾性波速度はそれぞれ28、45、52 m/secとなるので、見かけのせん断剛性が厚さとともに上昇することになる。正弦波10Hz、300ガルのときの間隙水圧は模型⑦で $P_1 = 10.8$ 、模型⑧で $P_1 = 9.3$ 、 $P_2 = 13.0$ 、模型⑨で $P_1 = 11.3$ 、 $P_2 = 11.5$ 、 $P_3 = 12.8$ 、 $P_4 = 9.4 \text{ g/cm}^2$ であった。以上から、砂層の厚さとともに剛性は向上するが、間隙水圧や応答倍率が高まる傾向がみられる。

次に図-5に示すようにこのような地盤にいくと設置した場合を想定したモデルについて振動実験を行なった。現実には下部の粘性地盤までいくと到達させることは困難であるが、流動化した砂層がいくと与える影響を調べるために実施した試験である。模型⑩は普通の砂層、模型⑪は不透水層が地表にある場合である。模型はいは $5.0 \times 1.0 \times 6.9 \text{ cm}$ の矩型である。

振動実験の結果を表-2、3に示す。表-2は不規則波を入れ

たときの各点の加速度

計の応答である。また

表-3は正弦波を入れ

たときの図-5の各計

器に示された最大応答

値である。これらより、

くいの応答は地盤の応

答より大きい値を示していることがわかるが、おおむね、地盤の

振動に支配される傾向にある。

## 3 まとめ

前年発表の模型実験結果を補足研究した。吉見らの流動化防止

に有効応力が働くということは地盤のせん断剛性係数の向上という現象でとらえられることがわかった。一方、

模型地盤中に設けたくいの振動性状は地盤の振動に支配され、流動化した砂層のところで大きく増中される。また、

た、くいの剛性が高い場合は必ずしも拡大される傾向がみられる。

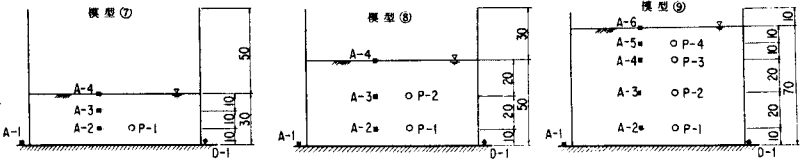


図-4 模型⑦~⑨の計器の配置

表-1 砂層厚の振動性状に与える影響

| 加速度計名 | 砂層厚70cm (模型9) |       | 砂層厚50cm (模型8) |      | 砂層厚30cm (模型7) |      |
|-------|---------------|-------|---------------|------|---------------|------|
|       | 卓越振動数         | 応答倍率  | 卓越振動数         | 応答倍率 | 卓越振動数         | 応答倍率 |
| A-2   | 18.8 Hz       | 2.26  | 22.2 Hz       | 2.08 | —             | —    |
| A-3   | 19.1 Hz       | 6.16  | 22.6 Hz       | 5.42 | 24.0 Hz       | 4.22 |
| A-4   | 19.0 Hz       | 8.60  | 22.6 Hz       | 7.20 | 24.0 Hz       | 4.72 |
| A-5   | 19.0 Hz       | 10.44 |               |      |               |      |
| A-6   | 19.0 Hz       | 11.04 |               |      |               |      |

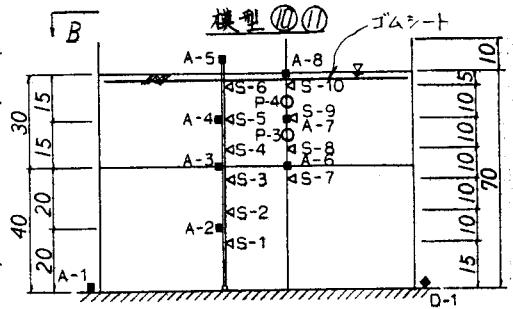


図-5 模型⑩、⑪の計器の配置

表-3 正弦波入力時の最大応答値

| 計器   | 模型10                |                     |                     |                     | 模型11                |                     |             |             |
|------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------|-------------|
|      | 10 Hz 200 g         | 10 Hz 300 g         | 10 Hz 400 g         | 10 Hz 200 g         | 10 Hz 300 g         | 10 Hz 400 g         | 10 Hz 200 g | 10 Hz 300 g |
| A-1  | 211.2               | 200.0               | 317.0               | 481.9               | 94.6                | 320.3               | 448.6       | 448.6       |
| A-2  | 489.5               | 684.4               | 996.1               | 337.7               | 586.8               | 779.2               | —           | —           |
| A-3  | 362.7               | 548.2               | 818.0               | 360.4               | 627.6               | 822.0               | —           | —           |
| A-4  | 357.0               | 537.0               | 882.8               | 311.1               | 633.0               | 828.1               | —           | —           |
| A-5  | 1024.4              | 2124.1              | 3520.4              | 882.9               | 2141.1              | 3393.9              | —           | —           |
| A-6  | 328.5               | 503.0               | 788.0               | 326.3               | 560.7               | 814.5               | —           | —           |
| A-7  | 331.5               | 497.9               | 791.0               | 317.8               | 551.0               | 768.3               | —           | —           |
| A-8  | 617.4               | 906.3               | 1276.1              | 582.0               | 823.6               | 980.5               | —           | —           |
| P-3  | 12.5 %              | 11.4 %              | 14.9 %              | 9.7 %               | 14.9 %              | 17.1 %              | —           | —           |
| P-4  | 6.2                 | 5.9                 | 7.6                 | 6.1                 | 9.8                 | 9.0                 | —           | —           |
| D-1  | 0.7 mm              | 1.0 mm              | 1.5 mm              | 2.9 mm              | 1.0 mm              | 3.2 mm              | —           | —           |
| S-2  | $55.7 \times 10^6$  | $91.3 \times 10^6$  | $160.4 \times 10^6$ | $40.1 \times 10^6$  | $87.1 \times 10^6$  | $98.7 \times 10^6$  | —           | —           |
| S-3  | $142.4 \times 10^6$ | $133.9 \times 10^6$ | $189.4 \times 10^6$ | $94.9 \times 10^6$  | $133.1 \times 10^6$ | $203.8 \times 10^6$ | —           | —           |
| S-4  | $158.9 \times 10^6$ | $147.1 \times 10^6$ | $223.4 \times 10^6$ | $109.2 \times 10^6$ | $178.0 \times 10^6$ | $233.2 \times 10^6$ | —           | —           |
| S-5  | $127.3 \times 10^6$ | $157.4 \times 10^6$ | $214.7 \times 10^6$ | $105.2 \times 10^6$ | $144.7 \times 10^6$ | $244.0 \times 10^6$ | —           | —           |
| S-6  | $28.6 \times 10^6$  | $51.7 \times 10^6$  | $99.0 \times 10^6$  | $30.3 \times 10^6$  | $60.5 \times 10^6$  | $98.0 \times 10^6$  | —           | —           |
| S-7  | $44.9 \times 10^6$  | $51.8 \times 10^6$  | $77.7 \times 10^6$  | $37.7 \times 10^6$  | $25.1 \times 10^6$  | $56.9 \times 10^6$  | —           | —           |
| S-8  | $60.4 \times 10^6$  | $86.5 \times 10^6$  | $60.2 \times 10^6$  | $65.3 \times 10^6$  | $34.2 \times 10^6$  | $98.1 \times 10^6$  | —           | —           |
| S-9  | $39.6 \times 10^6$  | $22.1 \times 10^6$  | $63.7 \times 10^6$  | $49.7 \times 10^6$  | $57.2 \times 10^6$  | $135.0 \times 10^6$ | —           | —           |
| S-10 | $113.8 \times 10^6$ | $165.7 \times 10^6$ | $308.0 \times 10^6$ | —                   | —                   | —                   | —           | —           |