

Ⅲ－41 地盤の土層構成が地震時の挙動に及ぼす影響について

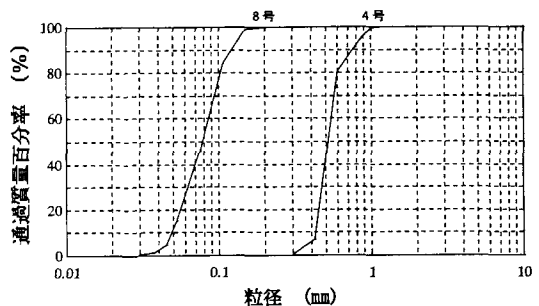
○福島工業高等専門学校 正 森田年一
福島工業高等専門学校 学 大和田祐加

1. はじめに

昨年 10 月に発生した新潟県中越地震における事例を含め、地すべり、がけ崩れ、地盤の沈下・陥没、液状化等の地震による地盤の被害事例はこれまで多々あり、これらの被害に対して影響を及ぼす因子はさまざま考えられている。本研究では、地盤の土層構成に着目し、地盤の土層構成の違いが地震時の挙動にどのような影響を与えるかについて、4 種類の地盤を対象に振動実験および数値解析を実施した。特に、液状化が発生した場合における地盤の軟化の程度にどのような違いが生じるかについて言及した。

2. 実験方法

振動実験では、80cm × 15cm × 40cm の土槽内に高さ 10cm の地盤模型を水中落下法により作製し、水平方向一次元により加振した。実験に用いた土試料は、東北硅砂（乾燥天然硅砂）の 4 号および 8 号である。図－1 にそれぞれの試料の粒径加積曲線を示す。地盤模型として、この 2 種類の試料を用いた同一層厚の 4 層から成る 4 ケースの水平成層地盤を作製した。ここで、上層を 1 層、下層を 4 層とし、実験で採用した地盤模型をケース 1～ケース 4 として表－1 に示す。地下水位は 1 層と 2 層の境界位置とし、入力加振波は、5Hz の正弦波（5 秒）とした。加振は振幅を徐々に上げていくステージ加振とし、地表面において液状化が発生するまで繰り返し加振した。加振時には、地表面および土槽側面から地盤の挙動を観察するとともに、液状化発生時の入力加速度を設置した加速度計により、また、液状化発生時の加振後の地表面沈下量を設置したターゲットにより測定した。



図－1 試料の粒径加積曲線

表－1 実験ケース

ケース	1	2	3	4
1 層	4 号	8 号	8 号	4 号
2 層	4 号	8 号	4 号	8 号
3 層	8 号	4 号	8 号	4 号
4 層	8 号	4 号	4 号	8 号

3. 解析方法

数値解析では、液状化発生時の地盤内の間隙水圧の上昇を考慮できる有効応力解析プログラムを用い、液状化発生時の地盤の挙動を探った。用いた解析プログラムは、応力－ひずみ関係については、任意方向せん断断面の双曲線モデルを、過剰間隙水圧については、塑性せん断仕事およびせん断応力の関数として与えるモデルを、それぞれ構成則として取り入れた F L I P¹⁾である。解析においては、振動実験における液状化発生時の様子を再現する目的で、表－1 と同様の 4 ケースについて実施した。ただ、実地盤のスケールを想定するという観点から、解析断面は、実験のような模型スケールではなく 1 層あたり 10m の土層が 4 層から成る深度 40m の水平成層地盤とし、地震波の入力時間を別途の相似則²⁾に従い調整することで、振動実験との条件における整合性を図った。その他の解析における諸条件は、すべて振動実験と同様とし、解析に用いるパラメタの具体的な設定方法については、別途の文献³⁾を参照した。

4. 実験結果

振動実験における各ケースの液状化発生時の入力加速度および地表面沈下量を、表－2に示す。各ケースにおける液状化発生時の入力加速度から、地盤全体としての液状化抵抗は、ケース4が最も小さく、順にケース3、ケース2と続き、ケース1が最も大きいと言える。比較的液状化しにくいと思われる8号の土層が2層連続して地盤が構成されたケースで、液状化抵抗が高いという

結果になった。また、液状化発生時の地表面沈下量は、どのケースでも同じような数値になっており、液状化発生時における地盤の変形・軟化の程度は、全てのケースで同程度のものであったと推測できる。

表－2 液状化発生時の入力加速度および地表面沈下量

ケース	加速度 (m/s^2)	沈下量 (cm)
1	5.37	0.5
2	4.31	0.5
3	3.61	0.7
4	3.19	0.5

5. 解析結果

数値解析における各ケースの基盤入力加速度、地表面加速度およびその応答比(地表/基盤)を、表－3に示す。なお、液状化発生時の様子を再現するという目的から、基盤入力加速度の振幅は、振動実験により測定された液状化発生時の加速度の値を用いている。また、数値解析では各深度ごとに過剰間隙水圧比が算出

されるが、ここでは基盤入力加速度と地表面加速度の応答比(地表/基盤)を、液状化による地盤全体の軟化程度を示す指標とした。これより、加速度応答は、1層が4号であるケース1およびケース4で減衰し、1層が8号であるケース2およびケース3で増幅するという結果であった。

表－3 基盤入力加速度、地表面加速度、応答比(地表/基盤)

ケース	基盤加速度 (m/s^2)	地表面加速度 (m/s^2)	応答比
1	5.37	1.80	0.34
2	4.31	5.07	1.18
3	3.61	3.88	1.07
4	3.19	2.03	0.64

6. まとめ

- (1) ケース1～ケース4の実験結果より、液状化抵抗の大きい土層が長く連続する地盤構成の方が、地盤全体としても液状化しにくいと推測できる。
- (2) ケース1とケース2の実験結果より、下層が液状化抵抗の大きい土層で構成された地盤の方が地盤全体として液状化しにくいと推測できる。上載圧が大きく液状化抵抗の大きい土層の存在が、地盤全体としての液状化の抑制に寄与している可能性がある。
- (3) ケース1～ケース4の解析結果より、液状化発生時における地盤全体の加速度応答の程度は、地表層の土質に影響されると推測できる。
- (4) ケース1の解析結果より、上載圧の小さい地表面に近い地盤が、液状化した場合には、地盤全体としての加速度減衰の傾向、すなわち地盤の軟化の傾向が顕著であると言える。

7. 今後の課題

今後は、対象とする地盤の種類および実験における計測点を増加するとともに、土層厚さ、入力地震動の周波数、地下水位位置などが結果にどのような影響を及ぼすかについて、より詳細な検討を重ねていきたい。

参考文献

- 1) Susumu Iai, Yasuo Matsunaga, and Tomohiro Kameoka: Strain space plasticity model for cyclic mobility, Soils and Foundations, Vol.32, No2, pp.1-15, 1992.
- 2) Susumu Iai: Similitude for shaking table tests on soil-structure-fluid model in 1g gravitational field, Soils and Foundations, Vol.29, No1, pp.105-118, 1989.
- 3) 森田年一、井合達、劉漢龍、一井康二、佐藤幸博: 液状化による構造物被害予測プログラムFLIPにおいて必要な各種パラメタの簡易設定法、港湾技術研究所資料、No.869、1997年