

(III-95) オンライン実験手法による液状化した砂地盤の側方流動解析

武蔵工業大学大学院 ○ 学生員 竹内 佳代
 武蔵工業大学工学部 正会員 片田 敏行
 武蔵工業大学工学部 正会員 末政 直晃
 武蔵工業大学大学院 学生員 須藤 雅典

1. はじめに

砂地盤が、液状化すると、しばしば側方流動と呼ばれる地盤の永久変形が発生する。この現象の発生メカニズムを解明するためには、複雑な構成則を有する液状化砂の力学特性を把握する必要がある。そのために要素試験や遠心模型実験などにより、液状化砂の力学特性に関する研究が行われてきている。本研究では、側方流動発生時の砂の動的挙動の解明を目的として、中空ねじり試験機を用いたオンライン応答載荷実験により、液状化砂の動的挙動を調べた。この実験法は、振動系の応答計算を行いながら載荷実験を行う方法¹⁾であり、液状化時の砂の挙動をより正確に再現できると考えられる。

本報告では、液状化砂のオンライン応答載荷実験を行う。その実験結果を既応の遠心模型実験の結果と比較して考察する。

2. 実験の概要

(1) 実験方法

液状化後の砂の挙動を調べるために、実験機のアクチュエータ部分に、大歪領域まで載荷することができるタイミングベルト方式を使用した。そのほかは既存のオンライン実験装置¹⁾と同じである。

今回の実験では、まず供試体を液状化させるまで、応力制御により載荷し、その後、オンライン応答載荷実験を実施する2段階載荷を行った。実験手順を図-1

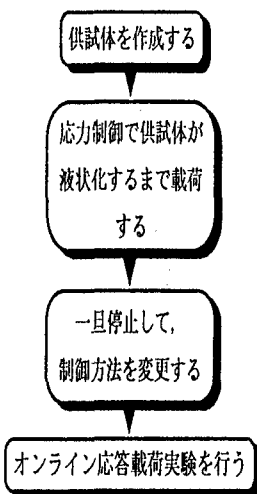


図-1 実験手順

に示す。

オンライン応答載荷実験では、傾斜した地盤を表現するために初期せん断応力を与えた状態で実験を行う。

(2) 実験条件

供試体は、空中落下法により中空供試体(高さ10cm, 外径10cm, 内径6cm)を作成し、非排水状態で繰返し載荷を行った。実験条件を表-1へ記す。また、実験に用いた入力加速度波を図-2へ示す。

表-1 実験条件

オンライン実験条件		供試体条件	
入力波	秋田(NS) ^{*1}	試料砂	豊浦標準砂
最大入力加速度	0.05g	有効応力	1.0kgf/cm ²
時間刻み	0.02sec	B 値	0.95
継続時間	40sec	相対密度	63%
減衰定数	0.1	単位体積重量	1.63gf/cm ³
固有振動数	2.0Hz	—	—
想定地盤深さ	6m	—	—

*1 日本海中部地震(1983. 5. 26; M=7. 7)における秋田港湾で記録された地震波加速度記録のN-S成分⁴⁾

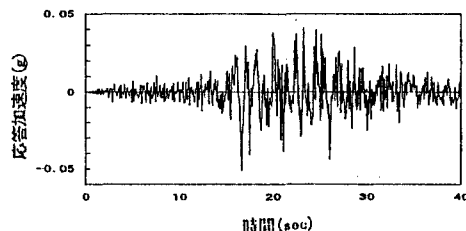


図-2 入力加速度波 (オンライン応答載荷実験)⁴⁾

3. 試験結果及び考察

(1) オンライン応答載荷実験結果

表-1に示した実験条件により、初期せん断応力を加えた供試体を用いて、傾斜地盤を想定したオンライン応答載荷実験を行った。解析結果を図-3～図-5へ示す。ここで、図-3 応答加速度を、図-4 はせん断応力～せん断歪関係を、図-5は有効応力経路である。

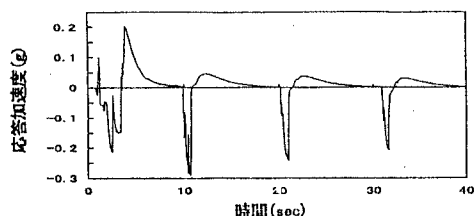


図-3 応答加速度 (オンライン応答載荷実験)

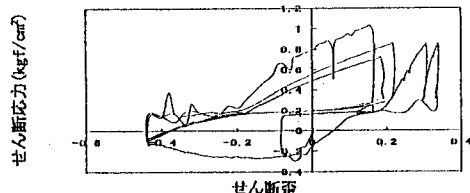


図-4 せん断応力～せん断歪関係 (オンライン応答載荷実験)

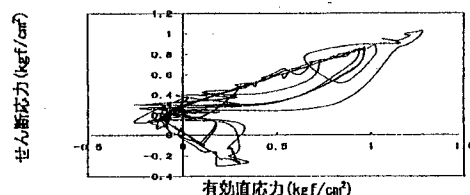


図-5 有効応力経路 (オンライン応答載荷実験)

(2) 遠心力模型試験²⁾結果との比較

図-6 は、R. P. I. で行われた側方流動現象を再現した遠心力載荷実験の結果がある。この実験は、表-2の実験条件のもとで 50G 場で 12 秒間加振したものである。

表-2 遠心力模型実験 実験条件

遠心力場	50G	最大入力加速度	0.25g
相対密度	40%	供試体高さ	20cm
入力波振動数	2Hz	想定実地盤	10m
加震時間	12sec	傾斜角	2°
試料砂	Nebada No. 12		

この実験によると傾斜したモデル地盤では図-6の斜面上方に振動すると、その時の応答加速度(図-6中の負の方向)が短時間で急激に大きくなっているの分かる(以後、これを spike とよぶ)。これは、今回のオンライン応答載荷試験結果と定性的によく一致していると思われる(図-3)。

二つの実験結果を比較してみると、伴に応答加速度波は負側、すなわち、斜面上方向かうとき加速度が急激に増加し、spike が生じた。これは、傾斜のある地盤を想定しているため、加速度が斜面向下に振動するときは、液状化砂が自重によって流れ、逆に、斜面上向きに振動するときは、急激に砂粒子

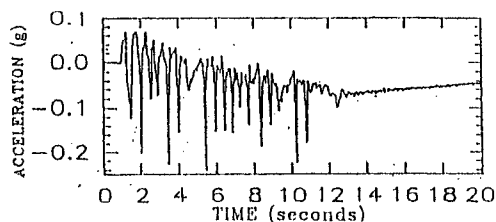


図-6 応答加速度 (遠心力載荷実験)²⁾

が骨格を形成し剛性が回復して応答加速度が大きくなったものと考えられる。ただし、オンライン応答載荷実験による応答加速度の周期が、入力した加速度に比べ大きく異なる理由は、次の点が考えられる。供試体が完全液化状態であり、また、入力加速度が最大で 0.05g と小さいため、剛性が回復するまで振動によってさほど影響されず、斜面向下向き方向へ自重により流れ、その後、骨格を形成し、剛性が回復した時点で、斜面上向きに振動したときに応答加速度が大きくなったものと思われる。

以上のことより、遠心模型実験結果と今回提案したオンライン応答載荷試験結果は入力した条件などが異なるが、定性的には良い一致を示している。

4. おわりに

今回報告した実験結果は、遠心力載荷試験の試験結果と定性的によい一致を得ており、この方法により、ある程度、液状化した砂地盤の流動特性を解明できるのではないかと考えている。

しかし、本実験方法では、応力制御から、オンライン応答載荷実験へ移行する際の設定に時間を要するため、その間の砂の沈降などの問題があり、この点を改善するための方法を検討中である。また、実験が、大歪領域を主にしているため、ゴムメンブレンの影響の検討も必要である。

参考文献

- 1) 小室智昭, 片田敏行; "中空ねじりせん断試験機を用いたオンライン地震応答載荷装置の開発" 第 24 回土質工学研究発表会, 1989
- 2) K. Arulanandan & R. F. Scott; "Verification of Numerical Procedures for the Analysis of Soil Liquefaction problems", Pro. of VNPASLP, Vol. 1. 1, Davis, California, USA, 17-20, Oct, 1993
- 3) 佐藤博, 片田敏行他; "液状化による側方流動の発生メカニズムに関する実験的研究", 第 9 回日本地震工学シンポジウム, 1994
- 4) 倉田栄一他; "昭和 58 年日本海中部地震の港湾地域における強震観測, 港湾技研資料", 1983