

## 定ひずみ制御試験による液状化解析パラメータ決定の可能性について

日本大学大学院 学生会員 ○齋藤和寿  
日本大学工学部 学生会員 松能直登  
正会員 仙頭紀明

### 1. はじめに

液状化による変形量を予測するためには、室内土質試験に基づき決定した液状化解析パラメータを用いて、有効応力解析を実施する必要がある。現状では、土の繰返し非排水三軸試験（JGS 0541）（以下 液状化強度試験）に準拠して液状化強度曲線を求め、これをフィッティングすることで液状化解析パラメータ（以下 解析パラメータ）を決定している。しかし、この方法は様々な問題点<sup>1),2)</sup>が指摘されている。

そこで、本研究では定ひずみ制御試験結果<sup>3)</sup>に基づき解析パラメータを決定する方法を提案し、その適用性について検証した。具体的には、定ひずみ制御試験結果に基づき解析パラメータを決定し、その解析パラメータを用いて液状化強度試験の要素シミュレーションを実施し、別途実験より求めた液状化強度曲線との比較を行った。

### 2. 提案する解析パラメータの決定方法の概要

本研究では筆者らが提案した試験法<sup>3)</sup>において、液状化に至る剛性低下傾向の把握を目的とする Step1 実験を対象として、繰返し回数に対する剛性低下の減衰傾向をフィッティングすることで解析パラメータを決定する。試験の詳細については、文献 3)を参考されたい。図-1 に示すせん断応力の減衰傾向を式 (1) に示すせん断応力振幅の減衰率  $h$  で評価し、これをフィッティングすることで解析パラメータを決定する。

$$h = \frac{\log_e(\tau_1 / \tau_n)}{2\pi(n-1)} \quad (1)$$

ここで、 $n$  は最終繰返し回数、 $\tau_1$  と  $\tau_n$  は 1 回目と  $n$  回目のせん断応力振幅 ( $\tau > 0$  側) である。 $h$  は解析パラメータを調整して、 $\tau_1$  (A 点)、繰返し回数  $n$  及び  $\tau_n$  (B 点) を合わせることでフィッティングした。

### 3. 解析条件と定ひずみ制御試験の要素シミュレーション結果

解析コードには「FLAC8.0」、構成則には PM4Sand Version3.1<sup>4)</sup>を用いた。本研究では、構成則の 3 つの主要解析パラメータ ( $D_R$ ,  $h_{p0}$ ,  $G_0$ ) のみを調整してフィッティングした。代表例として、 $D_R \approx 60\%$  の結果を図-2 に示す。図-2 (a) から概ね全体的な剛性低下傾向を再現できている。ただし、図-2 (c) から解析結果は実験結果に比べて緩やかに有効応力が減少している。

### 4. 液状化強度試験の要素シミュレーション結果と考察

液状化強度試験の要素シミュレーション結果を図-3 に示す。 $D_R \approx 30\%$  においては解析結果の変相に至るまでの繰返し回数は実験

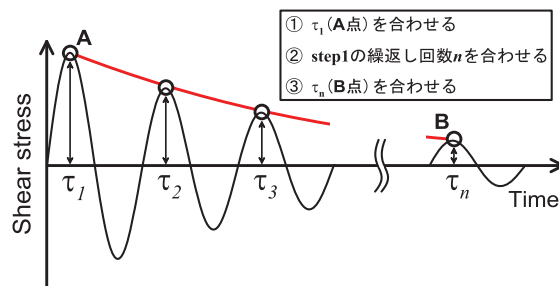


図-1 せん断応力の減衰傾向の模式図

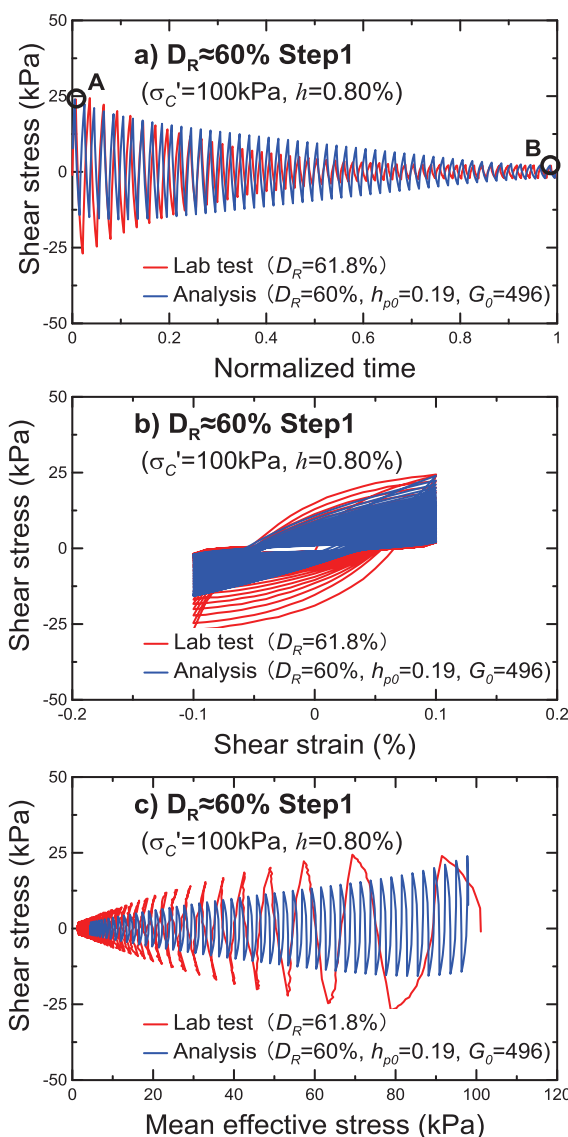


図-2 定ひずみ制御試験のフィッティング結果

キーワード 液状化, 有効応力解析, ひずみ制御, パラメータ

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地 日本大学工学部 TEL 024-956-8710

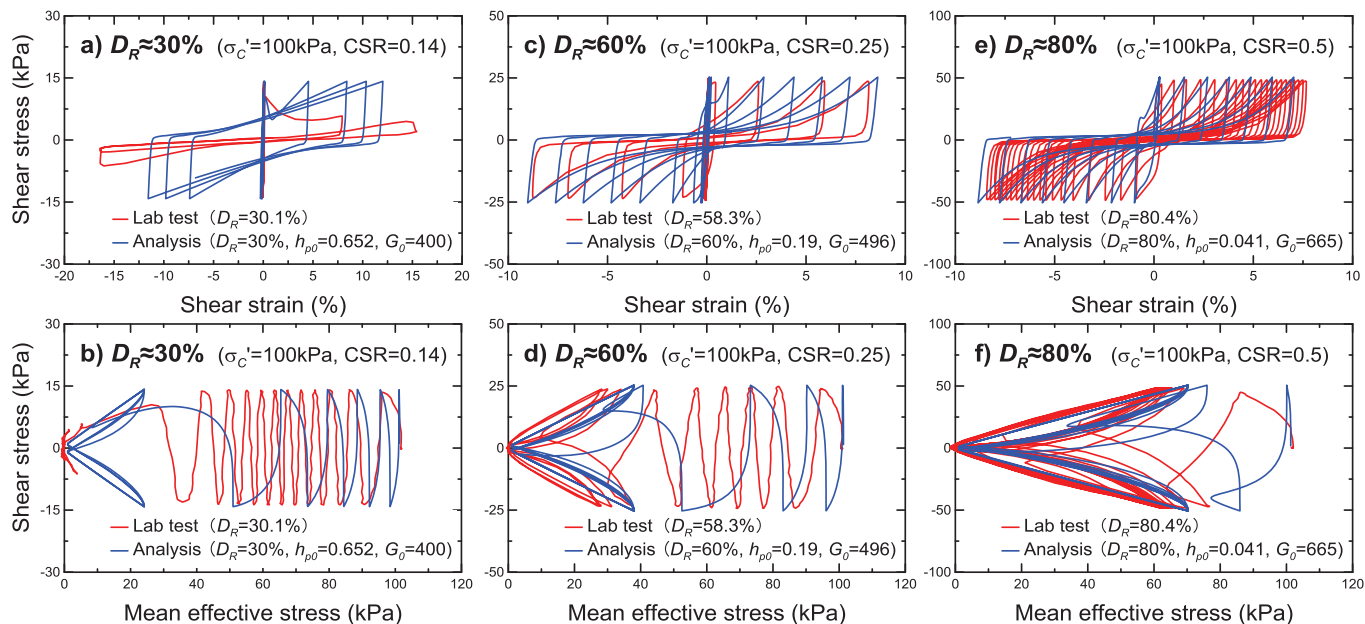


図-3 液状化強度試験の要素シミュレーションにおける応力-ひずみ関係と有効応力経路

結果に比べて少ないが、実験ではほとんど生じていないサイクリックモビリティが生じている。 $D_R \approx 60\%$ においては、 $D_R \approx 30\%$ と同様に、変相に至るまでの繰返し回数は実験結果に比べて少ないが、変相後の挙動は概ね再現できている。 $D_R \approx 80\%$ においては、サイクリックモビリティにおける1サイクル当たりのひずみの増加量が実験結果と比べて大きくなっている。解析結果と実験結果の液状化強度曲線を図-4に示す。解析結果は実験結果と全体的に整合しているが、液状化強度は実験結果に比べて低くなり、 $D_R \approx 80\%$ でその傾向が顕著であった。その理由として、解析に用いた構成則が液状化強度を過小評価しやすい特徴を有するモデルであった可能性がある。そのため、他の構成則を用いた検証も行う必要があると考えられる。ただし、最低3本の供試体から求められる液状化強度曲線のおおよその傾向を、1本の供試体の情報から推定できることは、従来の解析パラメータ決定方法を補完する点において意義があるものとする。

## 5. 結論

本研究では、定ひずみ制御試験結果のフィッティングに基づき、解析パラメータを決定する方法を提案し、その適用性を検証した。その結果、1本の供試体の情報から液状化強度曲線のおおよその傾向を推定できる可能性が示された。

## 謝辞

本研究は、科研費基盤研究(A)15H02263(代表:風間基樹)の助成を受けたものです。土木学会 地震工学委員会「性能設計に対応した繰返しせん断試験検討小委員会」(委員長:渦岡 良介)において、試験法に関する貴重な議論をいただきました。ここに謝意の意を表します。

## 参考文献

- 1) Kazama, M., Yamaguchi, A., and Yanagisawa, E : Liquefaction resistance from a ductility viewpoint, Soils and foundations, Vol.40, No.6, pp.47-60, 2000.
- 2) 三上武子, 一井康二, 北出圭介, 濱田展寿, 森鼻章治, 米浦大輔, 仁科晴貴: パラメータ設定が液状化解析結果に及ぼす影響, 地盤と建設, Vol.28, No.1, pp.123-128, 2010.
- 3) 松能直登, 仙頭紀明, 齋藤和寿: 液状化解析パラメータを決定するための室内要素試験、第54回地盤工学研究発表会(投稿中)。
- 4) R.W.Boulanger, K.Ziotopoulou PM4Sand (version3.1) A Sand Plasticity Model for Earthquake Engineering Applications, Department of Civil and Environmental Engineering University of California Davis, 2017.

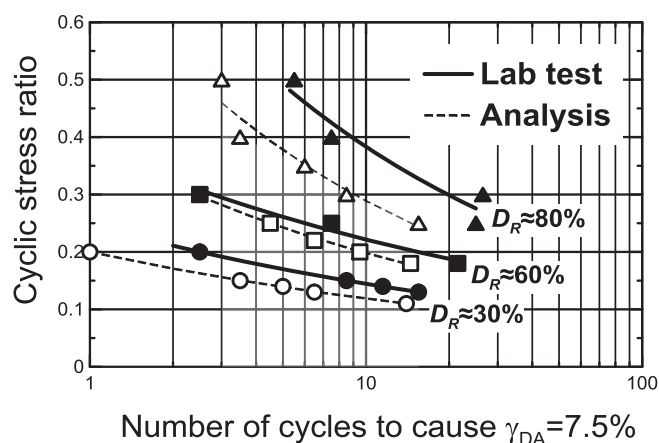


図-4 液状化強度曲線