

III-A 103 まさ土の液状化試験と数値シミュレーション

大成建設（株）技術研究所 正会員 後藤 聡 Cubrinovski, M.  
 正会員 森井 慶行 末岡 徹

1. はじめに

まさ土の液状化特性を把握するために、粒度分布の相違が液状化特性に与える影響を、大型三軸試験機を用いて検討を行った<sup>1) 2)</sup>。本報告では、液状化強度曲線、応力経路および応力-ひずみ関係について実験結果を示すとともに、これらの実験結果の数値シミュレーションを行った。この数値シミュレーションでは、まさ土の繰返しせん断挙動を土の有効応力モデル（Stress-Density Model, S-Dモデル<sup>3)</sup>）を用いて解析した。

2. 実験方法および実験結果

大型三軸供試体の寸法は、直径30cm高さ63cmで、繰返しせん断時の初期有効拘束圧は98kN/m<sup>2</sup>である。以下に示す3種類の粒度分布の異なるまさ土を実験に用いた<sup>2)</sup>。粒度Aは50mmふるいを通過した試料、粒度Bは2mmふるいを通過した試料、粒度Cは50mmふるいを通過し2mmふるいに残留した試料である。3種類のまさ土の粒径加積曲線および実験方法などについては文献1) 2) に説明している。

粒度Cにおいて、繰返しせん断応力が異なる時の応力経路、応力-ひずみ関係を、それぞれ図-1～3に示す。せん断応力の大小によって繰返し挙動が大きく異なることが分かる。

軸ひずみの両振幅（DA）が5%時の繰返し回数と繰返しせん断応力比の関係を、図-4に示す。ここで用いた3種類の粒度分布の範囲では、粒度分布の相違が液状化強度に与える影響はほとんど無いことが分かる。また、ここでは示していないが、DA=5%～10%の時、粒度分布が応力経路や応力-ひずみ関係に与える影響も、ほとんど認められなかった。

3. 解析方法

有効応力モデルとしては、S-Dモデル<sup>3)</sup>を用いた。このモデルは、ステートインデックス<sup>4)</sup>という土の状態量を基に発展させたモデルである。構成則の説明は文献3) に詳しいが、基本的には、弾性状態における応力-ひずみ関係、応力-塑性せん断ひずみ関係、応力-ダイレイタンス関係などの弾塑性理論から成り立つ。せん断剛性と破壊応力比を、ステートインデックスの1次関数として表現し、さらにステートインデックスが土のせん断とともにカーレントに変動することなど、がこの有効応力モデルの大きな特徴である。またこのモデルを用いてポートアイランドでの鉛直アレー記録の解析も行っている<sup>5)</sup>。

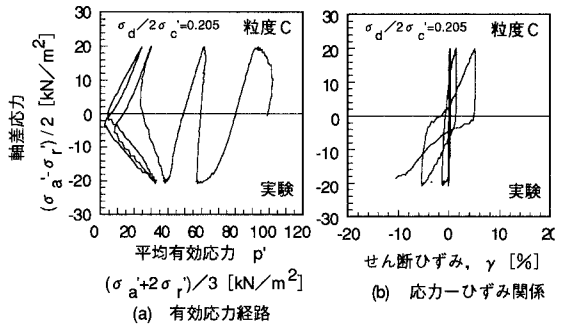


図-1 有効応力経路と応力-ひずみ関係  
 (実験, せん断応力: 大)

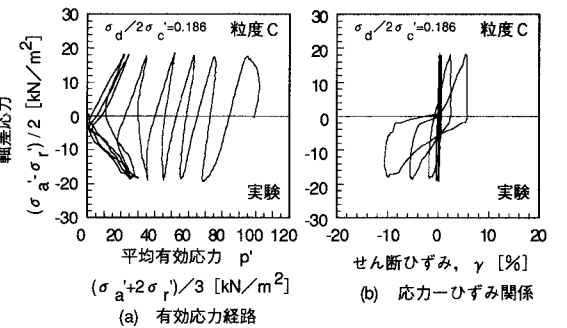


図-2 有効応力経路と応力-ひずみ関係  
 (実験, せん断応力: 中)

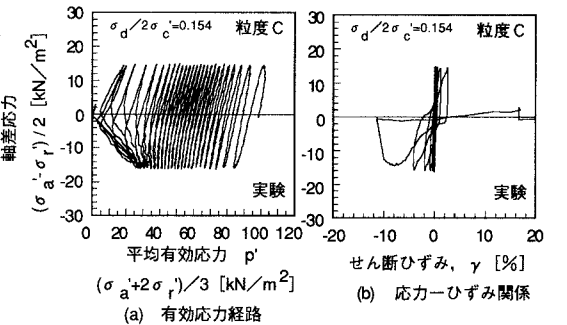


図-3 有効応力経路と応力-ひずみ関係  
 (実験, せん断応力: 小)

### 3. 解析結果

図-4に、液状化強度曲線の解析結果を示す。ただし、繰返し回数の定義は、実験の場合と同じで軸ひずみの両振幅が5%の時である。繰返しせん断応力の大小にも拘わらず、実験結果を再現できていることが分かる。

次に、図-5～7に、繰返しせん断応力が異なる場合の、応力経路、応力-ひずみ関係の解析結果をそれぞれ示す。図-5は繰返しせん断応力が大きい場合であるが、1波目の载荷により応力経路がほぼ破壊線にまで近付いていることが分かる。応力-ひずみ関係においても、繰返し回数が増加するにつれて、せん断ひずみが増大していることが分かる。図-6は、実験結果とほぼ同じ様な繰返しせん断特性、特に膨張性を再現できることが分かる。最後に、図-7の場合は、繰返しせん断応力が小さい場合であるが、変相線にいたるまでの過剰間隙水圧の蓄積と、その後のサイクリックモビリティの挙動をうまく再現していることが分かる。

### 4. まとめ

有効応力モデルを用いて、大型三軸試験機で得られたまさ土の液状化試験結果の数値シミュレーションを行った。液状化強度曲線とともに、応力経路および応力-ひずみ関係も繰返しせん断応力の大小に拘わらず、実験結果とほぼ同じ傾向で解析できることが分かった。

### 参考文献

- 1) 後藤, 森井, 谷澤, 末岡(1996): 大型三軸試験機を用いたまさ土の液状化特性, 第31回地盤工学研究発表会(投稿中)
- 2) 森井, 後藤, 谷澤, 末岡(1996): 粒度分布の相違がまさ土の液状化特性に与える影響について, 土木学会, 第51回年次学術講演会(投稿中)
- 3) Cubrinovski, M. (1993), "A constitutive model for sandy soils based on a stress-dependent density parameter," D. Eng. Thesis, Univ. of Tokyo.
- 4) Ishihara, K. (1993), "Liquefaction and flow failure during earthquakes," 33rd Rankine lecture, Geotechnique 43, pp.351-415.
- 5) Cubrinovski, M. and Ishihara, K. (1996), "Assessment of the Kobe Port Island liquefaction through analytical simulation of the vertical array records," Special Conference on the Hanshin-Awaji Dai shinsai, JSCE.

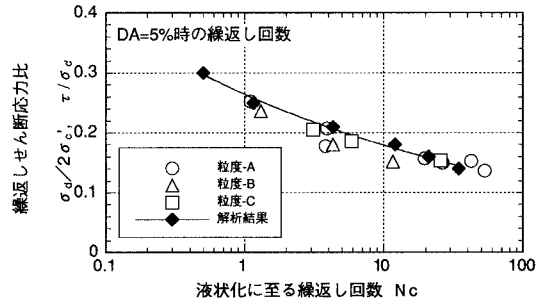


図-4 繰返しせん断応力比と繰返し回数

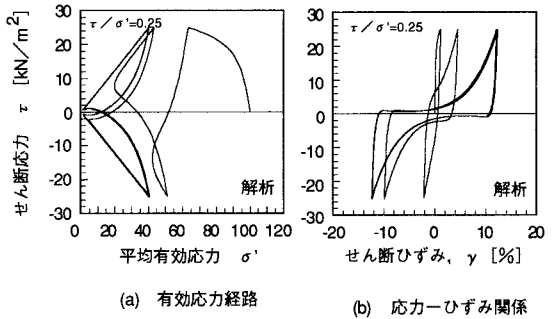


図-5 有効応力経路と応力-ひずみ関係 (解析, せん断応力: 大)

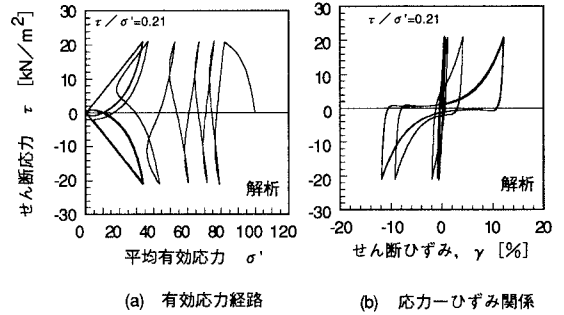


図-6 有効応力経路と応力-ひずみ関係 (解析, せん断応力: 中)

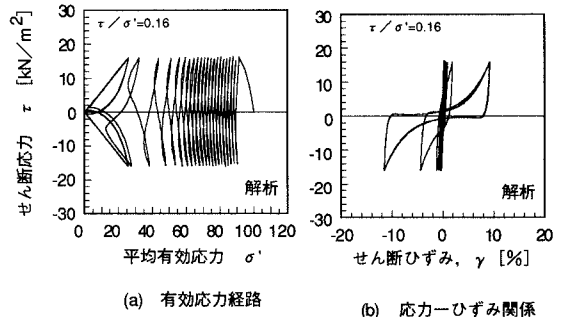


図-7 有効応力経路と応力-ひずみ関係 (解析, せん断応力: 小)