

異なる構造を有する再構成供試体の三軸試験のシミュレーション

名城大学 学生会員 ○森 涼香・兼松祐志
名城大学 正会員 小高猛司・崔 瑛
建設技術研究所 正会員 李 圭太

1. はじめに

細粒分から礫まで含む河川堤防土を対象に三軸試験を実施する場合、攪乱試料を締め固めて供試体を再構成する際に、供試体作製時の試料の含水比の違いによって、完全飽和後の供試体の力学挙動に大きな違いが生じる¹⁾。本報では、その力学挙動の相違が供試体の構造に起因すると仮定し、SYS カムクレイモデル²⁾によって試験結果をシミュレートすることを試みた。

2. 対象とする三軸試験結果¹⁾

図1に対象とする試験結果を示す。供試体作製時の含水比はそれぞれ、0% (自然乾燥状態)、3%、5%、10%、14%であり、締め固めによって供試体を作製している。完全飽和化したのちに、CU 三軸試験を実施している。供試体作製時の含水比が高いほど、せん断初期には弾性挙動を示しており、若干高位な構造を有することが推察できる。したがって、本報においては、これらの供試体毎の力学特性の相違を、土の骨格構造の程度と構造の劣化度合いによって表現することを試みる。

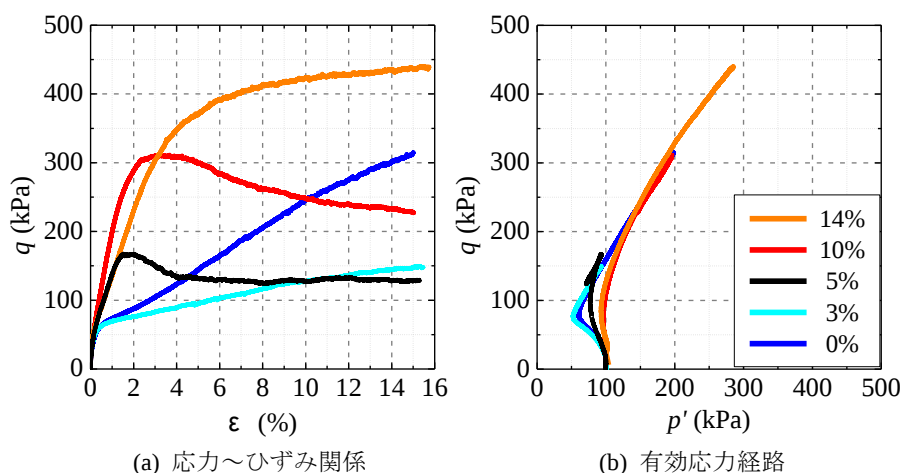


図1 再構成供試体の三軸試験結果 (供試体作製時の含水比の影響)

3. SYS カムクレイモデルによるシミュレーション

表1に計算に用いた各種パラメータを示す。本報では、供試体作製時の含水比 (以下、含水比と略す) が高いほど高位な構造がつくられていると仮定しているため、総じて含水比が高いほど構造の程度 $1/R_0^*$ を大きく設定するとともに、さらにそれらの構造は劣化しにくいとも仮定し、構造劣化指数 a は小さく設定した。ただし、含水比が最も高い14%に関しては、他の含水比と傾向が若干異なったため、構造の程度 $1/R_0^*$ を含水比 10%の場合よりも小さくした。実際の試験でも、含水比 14%の供試体はせん断前の圧密過程での供試体変状が大きく、供試体形状の不均一性が高いと思われた。その他のパラメータは全ケース共通とした。すなわち、圧縮指数 $\tilde{\lambda}$ は試験結果を参考にし、 $\tilde{\kappa}$ 、 N はフィッティングにより決定した。また、せん断中の回転硬化は考慮せず $b_r = 0$ とした。

いずれのケースにおいても、初期平均有効応力は $p'_0 = 9.8$ kPa とし、100kPa の等方圧密過程をシミュレートした後に、非排水せん断した。

表1 シミュレーションに用いた各種パラメータ

	含水比 (%)	0	3	5	10	14
弾塑性パラメータ	圧縮係数 $\tilde{\lambda}$	0.060				
	膨潤係数 $\tilde{\kappa}$	0.007				
	限界状態定数 M	1.460				
	NCLの切片 N ($q=0, p'=98.1$ kPa のときの比体積)	1.509				
	ポアソン比 ν	0.250				
パラメータ	構造劣化指数 a	—	1.70	0.98	0.55	0.20
	正規圧密土化指数 m	0.050				
	回転硬化指数 b_r	0.000				
	回転硬化限界定数 m_b	0.000				
初期値	初期構造の程度 $1/R_0^*$	1.0	3.0	9.0	15.0	9.9
	初期過圧密度 $1/R_0$	4.4	13.3	29.5	46.1	31.9
	初期異方性 $\zeta = \sqrt{(2/3)\beta_0 \times \beta_0}$	0.010				
	初期平均有効応力 p'_0 kPa	9.800				
	初期比体積 v_0	1.470				

図2にシミュレーション結果を示す。いずれも、三軸試験結果をうまく表現できている。試験ケース毎に変更しているパラメータは初期構造の程度 $1/R^*$ と構造劣化指数 a だけであるが、供試体作製時の含水比の違いによる力学挙動の相違をうまく示すことができています。

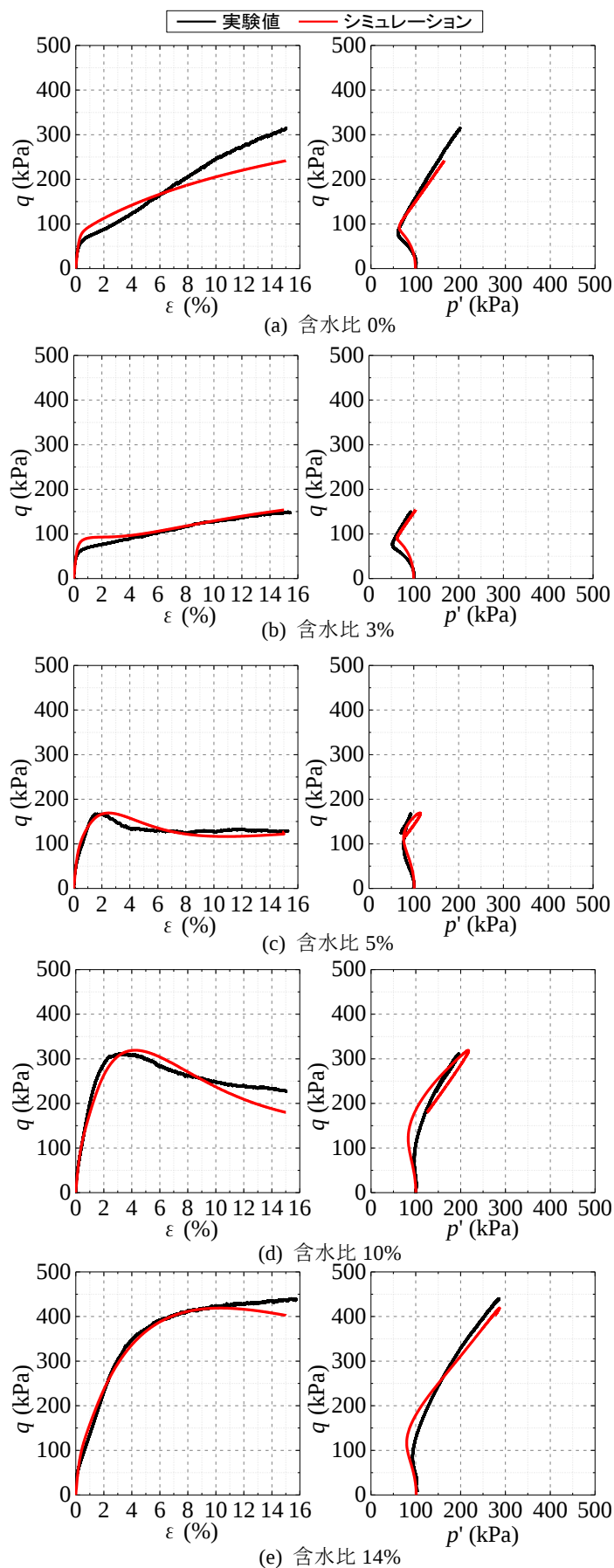


図2 シミュレーション結果

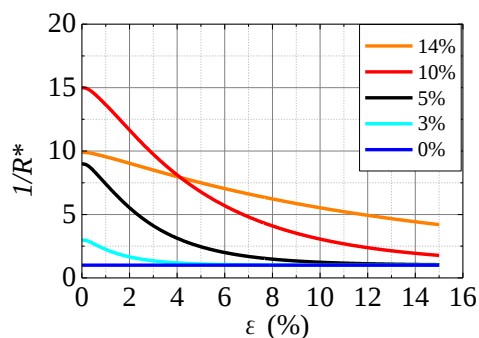


図3 せん断中の構造の程度の推移

図3にせん断中の構造の程度 $1/R^*$ の低下の履歴を示す。いずれの含水比においても、せん断が進むにつれ、構造の程度 $1/R^*$ が 1.0（完全に構造が消失した状態）に近づくように推移していることがわかる。先述のように、含水比が高いほど構造の程度 $1/R^*$ を大きく設定し、かつ構造劣化指数 a を小さくしていることを反映し、含水比が高いほど高位な構造を維持している。一方、含水比が低い場合には、比較的早く構造が劣化し、消失している。

4. まとめ

本シミュレーションを通して、供試体作製時の含水比の違いにより、異なる構造の供試体が再構成されることが示された。特に、含水比が高いほど高位な構造が生成されるが、逆に含水比が低い場合には構造は低位でありかつ簡単に劣化する。実務の室内試験では気中落下法で再構成供試体を作製するのが一般的であるが、自然乾燥試料を用いては、構造が全く生成されないため、現実とは異なる可能性が高い。

今後、今回のシミュレーションで示された要素レベルでの力学挙動の差が、境界値問題の解に及ぼす影響を検証してゆく必要がある。

参考文献：1) 兼松ら：供試体作製時の含水比の違いが河川堤防砂の力学特性に及ぼす影響，土木学会中部支部，2011. 2) 例えば，A. Asaoka et al. : An elasto-plastic description of two distinct volume change mechanisms of soils, S&F, 42(5), 47-57, 2002.