礫まじり砂,含水比,三軸シミュレーション

名城大学	国際会員	小禧	「猛司・崔	瑛
名城大学大学院	学生会員	○森	涼香・兼株	公祐志
建設技術研究所	国際会員	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には、大きな礫を除外した粒度調整試料を締め固めて供 試体を再構成する。三軸試験結果により、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⁾ことが分かっている。本報では、その力学挙動の相違が再構成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⁾によって三軸圧縮試験結果をシミュレートすることを試みた。

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(以下,含水比と略す)はそれぞれ,0%(自然乾燥状態),3%,5%,10%,14%である。いずれも試料を5層に分けて締め固める方法で作製し,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。したがって本報では、図1に示す三軸試験結果を対象として,一応変形場におけるSYSカムクレイモデル²⁾の構成式応答と試験結果をフィッティングすることにより,含水比の違いが礫まじり砂の挙動に与える影響について,供試体作成時の骨格構造および過圧密度の程度によって表現することを試みる。

3. SYS カムクレイモデル^vによるシミュレーション

SYS カムクレイモデルはカムクレイモ デルを土台とし、骨格構造として構造・ 過圧密・異方性の3つの概念を導入して いる。計算に用いるパラメータは、弾塑 性パラメータと発展側パラメータ、初期 値に大別される。ここでは、骨格構造と 過圧密度の程度を表す初期構造の程度 I/R_0 *,構造劣化指数 a と初期過圧密度 I/R_0 のみを含水比に応じて変化させ、他 のパラメータは全ケース共通とした。

表1に計算に用いた各種パラメータを 示す。本報では、含水比が高いほど高位 な構造が作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/R₀*を大きく設定するとともに、また含 水比が高いほどそれらの構造が劣化しに

くいとも仮定し,構造劣化指数 aは小さく設定した。 初期構造の程度と初期比体積 v_0 (全ケース共通) に 応じて初期過圧密度は自動的に設定され,含水比が 高い場合は大きく,低い場合は小さくなる。なお, 初期比体積 v_0 と圧縮指数 i は試験結果を参考に決 定した。その他の共通パラメータはすべてフィッテ ィングにより決定した。

いずれのケースにおいても、初期平均有効応力は $p_0' = 9.8 \text{ kPa}$ とし、100kPaまでの等方圧密過程をシ ミュレートした後に、非排水せん断を行った。

図2にシミュレーション結果を示す。いずれも三 軸試験結果を適切に表現できている。すなわち,構造と過圧密度の程度を示す初期構造の程度1/R*と 構造劣化指数 a,過圧密度1/Rのみを変えることに より、含水比の違いによる供試体の力学挙動の相違 が表現できている。ただし、含水比が最も高い14% に関しては、他のケースと傾向が若干異なり、構造 の程度1/R*を10%のケースより小さく設定しないと、



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	压縮係数 $\tilde{\lambda}$	0.060					
	膨潤係数 x	0.007					
	限界状態定数 M	1.460					
	NCLの切片N (a=0 n'=981kPa のときの比休積)			1.509)		
	ポアソン比 v			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	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			

A simulation of triaxial test of the reconstituted gravel-mixed sand specimens with different soil structures : T.Kodaka, Y.Cui, S.Mori, Y. Kanematsu (Meijo university), K.-T.Lee (CTI Engg.Co.,Ltd.)





試験結果を適切に表現できることができなかった。三軸 試験においても、含水比 14%の供試体はせん断前の圧縮 過程で大きい変形が見られ、三軸試験を行う際の供試体 形状の不均一性がその理由と考えられる。

図3にせん断中の構造の程度1/R*の低下履歴を示す。 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*は1.0(完全に構造が消失した状態)に近づ く。含水比が高いほど構造の程度1/R*を大きく、かつ構 造が劣化しにくいと設定していることが反映され、含水 比が大きいほど構造が完全に消失する際のせん断ひずみ が大きい。特に、含水比10%のケースでは、せん断完了 後でも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。

図4に過圧密度の変化を示す。含水比が高い場合は初 期の過圧密度が大きく、せん断初期開始と同時に急激に 低下しているが、含水比が低い場合には初期の過圧密度 は低く、せん断開始から緩やかに低下する。いずれの供 試体においても、軸ひずみ 6%程度からは同じ経路を辿 り,過圧密度は徐々に2.0に近づくように推移している。

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、異なる構造を持つ供試体が再構成される ことが示された。含水比が高いほど高位でありかつ劣化 しにくい構造が生成されるが、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ことも多いが、 乾燥試料を用いる場合には構造が生成されにくいため、 実際の河川堤防土の力学特性とは異なる可能性がある。 また、過圧密度に関しても、初期含水比により全く異な るものになる。今後は、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。

