

スレーキング特性の異なる3種類の泥岩砕石集合体の力学挙動に関する骨格構造概念による解釈

泥岩 三軸圧縮試験 スレーキング

名古屋大学 国際会員 ○中野 正樹 酒井 崇之

学生会員 倭 大史 福田 雄斗 工藤 佳祐

1. はじめに

別報では、3種類の泥岩砕石集合体に対し、乾湿繰返しを与えることでスレーキングを促進させた供試体に対し、に対し、一軸圧縮試験や非排水三軸試験を実施し、せん断挙動を比較考察した。本報告では、非排水三軸試験結果を弾塑性構成式 Super/subloading Yield Surfaces Cam-clay model²⁾ (以後 SYS Cam-clay model) によって再現を試みた。得られたパラメータを比較し、スレーキングによって骨格構造がどのように変化するのか、乾湿繰返し細粒化率試験の結果¹⁾と関連付けて考察する。

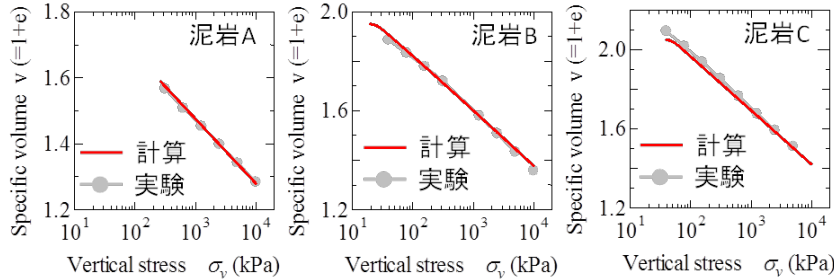


図-1 繰返し試料に対する標準圧密試験の再現

2. 繰返し状態の力学挙動の再現

泥岩砕石集合体がスレーキングにより完全に細粒化、泥濘化したら、繰返し状態になると仮定し、繰返し試料の力学挙動から、弾塑性パラメータを得る。図-1に繰返し試料の標準圧密試験の再現結果を、図-2に非排水三軸圧縮試験結果を示す。再構成試料は、予備圧密過程で構造や過圧密を有することがあるため、再現時には発展則パラメータも設定した。図-1, 2から実験結果を概ね再現している。表-1に再現で用いた弾塑性・発展則パラメータを、表-2に初期値を示す。なお、初期の鉛直有効応力は、標準圧密試験については、20kPa、三軸圧縮試験については、98.1kPaを与え、初期応力比と初期異方性は0としている。初期比体積は、実験で得られた値を用いた。

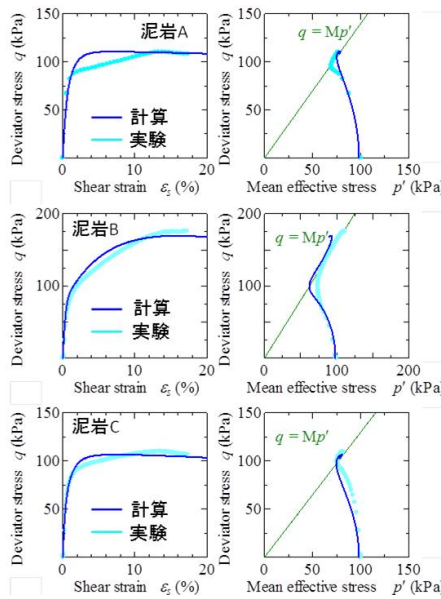


図-2 再構成試料の非排水三軸試験の再現

3. 泥岩砕石集合体の力学挙動の再現

泥岩砕石集合体は、泥岩岩塊とその間隙からなるが、岩塊自身も土粒子と間隙からなるため、複雑な構造を形成している。このような構造を「二重構造」と呼ぶ³⁾。泥岩砕石集合体のスレーキングに伴う挙動では、この2つの「構造」が喪失していく。したがって集合体の発展則パラメータは、表-1と異なる値を用いることになる。弾塑性パラメータについては、構造・過圧密を有した土は、塑性変形を受けると最終的に繰返し正規圧密土になることから、状態に依らず同じものを用いる。

図-4~7に再現結果を示す。計算結果は実験結果を概ね再現することができた。しかし、図-4, 5の泥岩Aの再現結果に注目すると、乾湿0回におけるせん断初期の有効応力パス立ち上がり部分の表現は困難であった。また、乾湿1, 2回で見られる限界状態線の上側での挙動も再現できていない。

表-1 材料定数

材料名			
	泥岩 A	泥岩 B	泥岩 C
弾塑性パラメータ			
圧縮指数 $\tilde{\lambda}$	0.085	0.100	0.105
膨潤指数 $\tilde{\kappa}$	0.040	0.015	0.005
限界状態定数 M	1.400	1.600	1.700
NCLの切片 N	1.650	1.790	1.940
ポアソン比 ν	0.100	0.300	0.100
発展則パラメータ			
正規圧密土化指数 m	0.700	0.500	1.700
構造劣化指数 a	0.100	0.200	0.300
b	1.000	1.000	1.000
c	1.000	1.000	1.000
塑性指数 c_s	0.100	0.300	0.200
回転硬化指数 b_r	0.001	0.300	0.100
回転硬化限界定数 m_b	0.400	1.000	0.700

表-2 初期値

材料名	比体積 v_0	構造の程度 $1/R^*_0$	過圧密比 $1/R_0$
泥岩 A(繰返し)	1.785	1.00	1.00
泥岩 A(再構成)	1.700	4.25	1.40
泥岩 B(繰返し)	1.951	1.00	1.00
泥岩 B(再構成)	1.634	9.00	1.63
泥岩 C(繰返し)	2.051	1.00	1.00
泥岩 C(再構成)	2.087	9.74	1.55

図-6の泥岩Bの再現結果においても、乾湿0回における初期の有効応力パス立ち上がり部分が表現しきれていないが、乾湿1,2回の計算結果は実験結果を概ね再現することができている。

図-7の泥岩Cでは、塑性圧縮と塑性膨張の境界線である限界状態線の傾きが明らかに異なっていたので、再現性を高めるために弾塑性パラメータの中で限界状態線の傾きのみ値を変更した。限界状態線の傾きを変更することにより、計算結果は実験結果を再現することができた。なお、限界状態線の傾きは1.3から1.6に変更している。

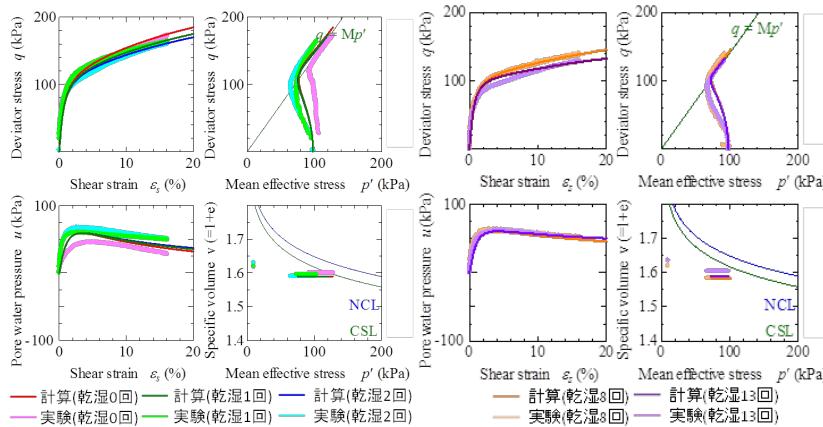


図-4 泥岩Aの再現結果 (乾湿0, 1, 2回)

図-5 泥岩Aの再現結果 (乾湿8, 13回)

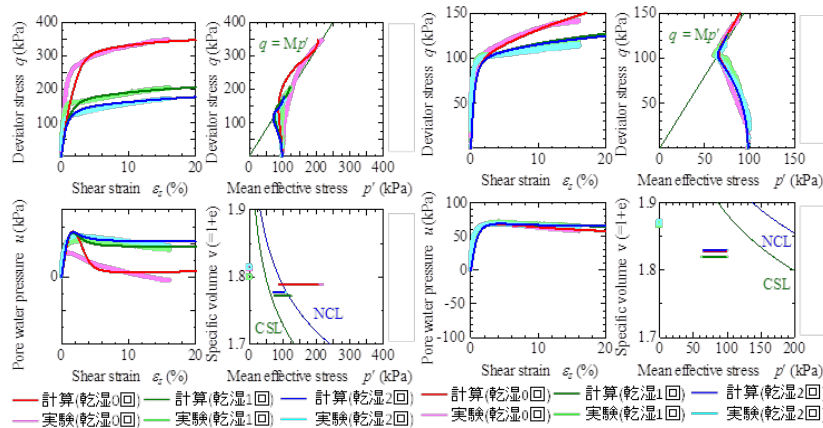


図-6 泥岩Bの再現結果

図-7 泥岩Cの再現結果

表-3 材料定数

材料名			
	泥岩A	泥岩B	泥岩C
弾塑性パラメータは表-1と同じ			
発展則パラメータ			
正規圧密土化指数 m	0.010	5.000	1.200
構造劣化指数 a	0.100	10.00	2.000
b	1.000	1.000	1.000
c	1.000	1.000	1.000
塑性指数 c_s	0.100	1.000	1.000
回転硬化指数 b_t	0.010	0.001	1.000
回転硬化限界定数 m_b	0.500	0.500	0.001

表-4 初期値

	乾湿回数	比体積 v_0	構造の程度 $1/R^*o$	過圧密比 $1/Ro$
泥岩A	0	1.590	3.5	13.2
	1	1.590	3.1	11.8
	2	1.590	2.9	11.0
	8	1.584	1.7	7.4
	13	1.590	1.5	5.7
泥岩B	0	1.788	10.0	3.6
	1	1.772	4.5	1.9
	2	1.778	4.0	1.6
泥岩C	0	1.828	6.0	24.3
	1	1.819	1.6	7.2
	2	1.830	1.2	4.7

表-3に再現に用いた発展則パラメータを、表4に初期値を示す。こちらについても2章と同様に、初期応力比と初期異方性は0としている。構造と過圧密の値に着目して、スレーキングにより泥岩砕石集合体の骨格構造がどのように変化していくのか考察する。泥岩A, B, Cに共通しているのは、乾湿経験回数が増加していく、つまり、スレーキングが進行していくにつれて、構造の程度、過圧密比が減少していることである。しかし、その減少の仕方は泥岩ごとに大きく異なる。泥岩Aの場合、別報で示した乾湿繰返し細粒化率試験において、少ない乾湿回数ではほとんど細粒化が進行していない。そのため構造、過圧密の値も減少程度が小さい。一方、泥岩Bは、最初の乾湿繰返しによって泥岩の細粒化が大きく進行し、その後は、緩やかに細粒化が進行しているが、骨格構造も同様に0回から1回にかけて急激に変化し、1回から2回ではほとんど同じ値となった。泥岩Cについては、泥岩Bよりもさらに細粒化の進行が速いが、乾湿0回の供試体作製時に細粒化が進行してしまったために、骨格構造の変化の仕方は、泥岩Bとそれほど大きな変化が無いと考えられる。

4. 結論

本研究で得られた結論を以下に示す。

- 1) SYS Cam-clay model を用いて、泥岩砕石集合体の力学挙動をある程度再現することに成功した。しかし、乾湿0回のせん断初期の応力パスや、泥岩Aの乾湿1, 2回の限界状態線の上側における挙動など再現できていない部分もある。
- 2) スレーキングが進行すると、構造の程度や過圧密比が減少する。また、スレーキングの進行の程度が大きいくほど、これらの値の変化量も大きい。

- 参考文献) 1) 工藤佳祐他(2015) スレーキング特性の異なる泥岩のせん断特性に及ぼす乾湿経験回数の影響, 第50回地盤工学研究発表会, 本誌, 2) Asaoka, A. et al, Anelasto-plastic description of two distinct volume change mechanisms of soils, S&F, Vol.42, No.5, pp.47-57, 2002, 3) : 中野正樹他(2012), 泥岩岩塊集合体の粘土化を伴う力学挙動の骨格構造概念に基づく解釈, 地盤工学会誌, 60(7), pp6-9.