

スレーキング進行・締固め度の異なる泥岩盛土の地震応答解析

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 鈴木 一成 倭 大史 福田 雄斗

1. はじめに

別報では¹⁾、スレーキングの進行程度を変えた泥岩砕石集合体に対し、非排水三軸圧縮試験を実施し、せん断挙動を比較考察した。本報告では、そのせん断挙動を、弾塑性構成式 Super/subloading Yield Surfaces Cam-clay model²⁾ (以後 SYS Cam-clay model) によって再現を行い、スレーキング進行が泥岩砕石集合体の骨格構造に及ぼす影響を調べる。また、SYS Cam-clay model を搭載した水～土連成有限変形解析プログラム GEOASIA³⁾を用い、これらの砕石集合体からなる盛土の地震応答解析を実施し、スレーキング進行が盛土の耐震性に及ぼす影響について調べる。

2. スレーキングが泥岩砕石集合体の骨格構造に及ぼす影響

図-1, 2 に泥岩の練返し試料に対して行った標準圧密試験三軸試験結果⁴⁾および SYS Cam-clay model による再現結果を示す。計算結果は力学挙動をよく再現している。表-1 に、再現計算に用いた弾塑性パラメータおよび発展則パラメータを表-2 に練返し試料の初期値を示す。

図-3, 4 には、別報の「乾湿未経験の試料」と「乾湿1回の試料」に対する非排水三軸圧縮試験結果について、SYS Cam-clay model による再現計算を示す。スレーキングにより泥岩

砕石集合体が完全に細粒化、泥濘化したら練返し状態になることから、乾湿の経験回数によらず、弾塑性パラメータは表-1 の練返し試料と同じとし、骨格構造を表す初期値のみ変化させている。また本報では、発展則パラメータも練返し試料と同じと仮定した。計算は試験結果を良く再現している。表-3 に初期値を示す。再現計算から、スレーキングが進行するほど、初期構造と初期過圧密が減少し、比体積が小さいほど(密詰めほど)初期構造は低位で、過圧密比が高くなる。

3. スレーキング進行が盛土の耐震性に及ぼす影響

図-5 に解析で用いた有限要素メッシュ図(盛土部のみ拡大)を示す。盛土高 12m, 天端幅 30m, 一段目の法面勾配 1:2, 二段目の法面勾配が 1:1.8 の典型的な道路盛土断面である。図-6 に解析全断面を示す。計算は二次元平面ひずみ条件で行った。水理境界は図-6 が示す通りである。なお、盛土、地盤ともに完全飽和状態を仮定している。地震時には、地震波の全反射を防ぐために、地盤の下端の水平方向に粘性境界 ($V_s=300\text{m/s}$) を設け、両端には周期境界を設けた。地盤は非常に硬い地盤を想定している。

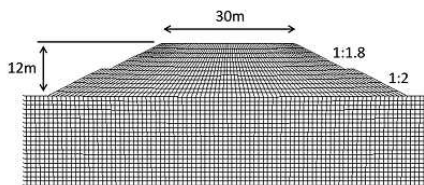


図-5 解析対象(盛土拡大)

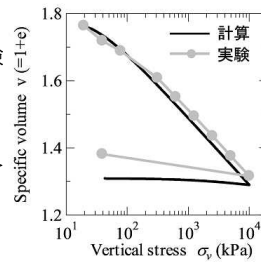


図-1 練返し試料の再現 (標準圧密試験)

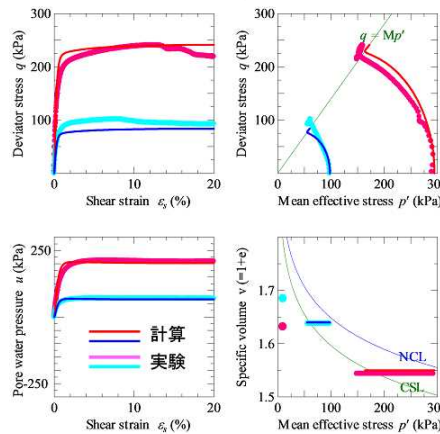


図-2 練返し試料の再現(三軸試験)

表-1 練返し試料の材料パラメータ

弾塑性パラメータ	
圧縮指数	$\tilde{\lambda}$ 0.085
膨潤指数	$\tilde{\kappa}$ 0.010
限界状態定数	M 1.400
NCLの切片	N 1.650
ポアソン比	ν 0.300
発展則パラメータ	
正規圧密土化指数	m 0.600
構造劣化指数	a 0.100
	b 1.000
	c 1.000
塑性指数	c_s 0.500
回転硬化指数	b_r 0.001
回転硬化限界定数	m_b 0.001

表-2 初期値

	練返し	
	100kPa	300kPa
拘束圧	100kPa	300kPa
過圧密比 $1/R_0$	1.14	1.09
構造の程度 $1/R^*_0$	1.00	1.00
比体積 v_0	1.64	1.55

表-3 泥岩砕石集合体の初期値

	密詰め ($v=1.56$)		密詰め ($v=1.65$)	
	乾湿1回	乾湿未経験	乾湿1回	乾湿未経験
過圧密比 $1/R_0$	7.21	8.48	4.17	5.71
構造の程度 $1/R^*_0$	1.70	2.00	2.50	3.00
比体積 v_0	1.54	1.54	1.61	1.60

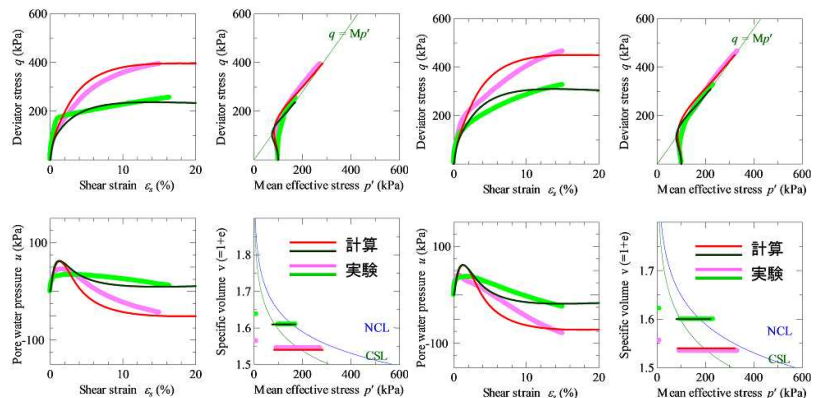


図-3 乾湿1回の試料の再現

図-4 乾湿未経験の試料の再現

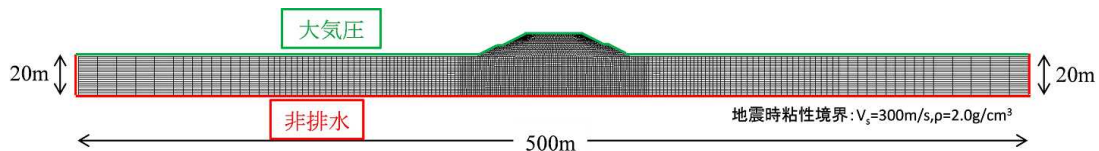


図-6 解析全断面図

本稿では、2章で示したように、2種類の締固め度 ($v=1.56$ と $v=1.65$) と、スレーキング進行の異なる泥岩材料（乾湿未経験と乾湿1回）を解析対象の盛土としている。本解析では、スレーキング進行過程を表現するのではなく、スレーキング進行程度の違う盛土材料を対象とした。盛土構築後、圧密が終了したのち、地盤の下端水平方向に、図-7に示す地震動を入力した。なお、地震動は兵庫県南部地震において、神戸海洋気象台にて観測された地震動である。

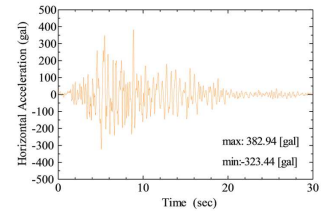


図-7 入力地震動

図-8に地震前、地震直後、地震後の圧密終了時の、盛土の変形とせん断ひずみ分布を示す。密詰め ($v=1.56$) の盛土では、スレーキング進行の程度が異なっても、せん断ひずみ分布に大きな違いは見られなかった。一方、中密 ($v=1.65$) の盛土では、スレーキング進行に伴い、ひずみが大きく発生し変形が大きく出ている。

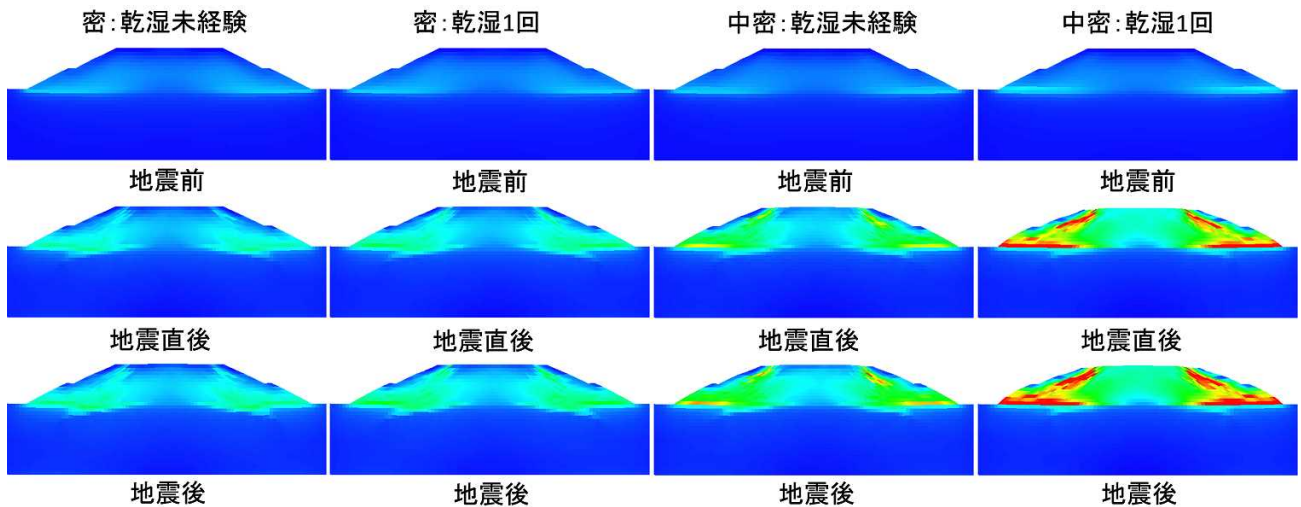


図-8 泥岩盛土の地震応答解析の変形挙動とせん断ひずみ分布（地震前，地震後，圧密終了時）

図-9に盛土の天端沈下量を、図-10に盛土の右法肩の水平変位量をそれぞれ示す。密詰めの乾湿未経験の盛土は、天端で約35cm程度の沈下、法肩で約40cm側方変位が発生している。スレーキングが進行し、乾湿1回の盛土の場合、天端で約40cm程度の沈下、法肩で約50cm側方変位が発生している。今回の解析では、密詰めでは、ほとんどスレーキングによる影響は見られなかった。

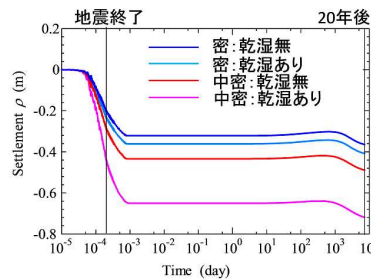


図-9 天端沈下量

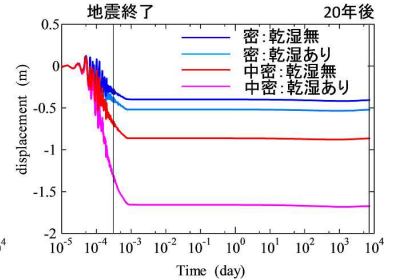


図-10 左法肩水平変位量

中詰めの場合、乾湿未経験の盛土は、天端で45cm程度の沈下、法肩で、80cm程度の側方変位が発生している。一方、スレーキングが進行し、乾湿1回の盛土は、70cm程度の沈下、法肩で1.7m程度の側方変位が発生しており、やはりスレーキング進行による影響が密詰めと比較して大きくなった。

4. 結論

練返し泥岩試料で得られた材料パラメータを用い、初期値のみを変えることによって、乾湿未経験、乾湿1回といったスレーキング進行程度の異なる試料の力学挙動を再現することができた。そして、スレーキングが進行すると、構造の劣化と過圧密の解消が起こり、より密詰めにすると、低位構造、過圧密比が大きくなることがわかった。

泥岩盛土の地震応答解析では、締固め度を高くすれば、スレーキングが進行した盛土であっても、ある程度変形、崩壊を抑えることができる。しかし、さらにスレーキングが進行した場合や、今回とは異なる地震動の場合には、異なる変形特性が得られる可能性があり、様々な想定のもと、盛土の安全性を高めていく必要がある。

参考文献) 1) 福田雄斗他(2014) 泥岩砕石集合体のスレーキング進行に伴う力学挙動の変化, 第49回地盤工学研究発表会,本誌, 2) Noda, T. et al, Soil-water coupled finite deformation analysis based on a rate-type equation of motion incorporating the sys cam-clay model, S&F, Vol.48, No.6, pp.771-790, 2008,

3) 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, 4) 鈴木一成他(2013) 乾湿練返しを受けた新第三紀泥岩の砕石集合体のせん断挙動の把握, 第48回地盤工学研究発表会, pp613-61