

一次元圧縮条件下における破碎泥岩のスレーキング現象の可視化に関する試み

茨城大学 学生会員 ○小口 公
茨城大学 正 会 員 榎本 忠夫

1. はじめに

2009 年，静岡県駿河湾沖を震源とする駿河湾地震が発生し，この地震により東名高速道路牧之原 SA 付近で盛土法面が崩落した．崩落の原因は，盛土下部の泥岩層がスレーキングすることにより，泥岩層の強度が低下したことである．スレーキングのメカニズムを解明するために泥岩の変形特性に関する研究は，現在に至るまで行われてきている．菊本ら¹⁾は，一次元圧縮条件下におけるスレーキング試験を実施し，拘束応力下におけるスレーキング現象から土の大圧縮が発生することを指摘した．本研究の目的は，一次元圧縮条件下における破碎泥岩のスレーキング現象を可視化したうえで，変形特性を把握することである．そこで試料には破碎泥岩とガラスビーズを用いることにより，破碎泥岩のスレーキング現象の可視化を試み，変形特性に関する考察を行った．

2. 実験概要

2.1 試験装置の概要

試験装置の概要を図-1 に示した．载荷装置には三軸圧縮試験を使用した．各種センサーは接触式変位センサー(LVDT)，ロードセル(LC)，渦電流式変位センサー(GAP SENSOR)で構成されそれぞれ鉛直変位，鉛直荷重，鉛直方向の微小変位を測定する．試料の容器については鉛直方向のみの変形を許すため，及び供試体の変形状況を可視化するためにアクリル製の円筒を用いた．

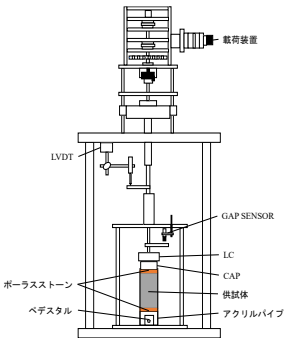


図-1 試験装置の概要

2.2 CASE と試料の概要

表-1 に各 CASE の概要と初期条件について示す．試料については，3~4mm に粒度調整をした破碎泥岩と粒径 3mm のガラスビーズを用いた．ガラスビーズは強度変形特性と色合いが破碎泥岩と異なる材料である．それらの性質を利用して破碎泥岩の変形を表現させることを試みた．そして，実験の CASE ごとにガラスビーズと泥岩の重量比を変化させ混ぜ合わせた．

表-1 CASE の概要と初期条件

	ガラスビーズ	泥岩	ρ_s (g/cm ³)	e_0
CASE1	100%	0%	2.58	0.66
CASE2	80%	20%	2.32	0.66
CASE3	60%	40%	2.11	0.66

2.3 試験手順

試験手順の流れを図-2 に示す．供試体は直径 50mm，高さ 100mm の円柱型である．供試体の初期間隙比が 0.66 になるよう，試料を 5 層に分けランマを用いて詰めた．また供試体の底面と上面には，ろ紙とポーラスストーンを配置した．鉛直応力 $\sigma_v = 200\text{kPa}$ を加えて，乾湿繰り返し実施前に $\sigma_v = 200\text{kPa}$ で 1 時間圧密させ微小繰返し载荷試験を実施した．次の湿潤過程では供試体下部から上部にかけて 3 時間水浸させ，乾燥過程では真空ポンプから 10kPa の負圧をかけ 45 時間乾燥させた．なお，湿潤過程終了後と乾燥過程終了後にも微小繰返し载荷試験を実施した．以上の乾湿サイクルを 1 サイクルとして合計 3 サイクル実施した．その後，鉛直応力を $\sigma_v = 400\text{kPa}$ に上昇させ，1 サイクル目の湿潤過程実施前と同様に $\sigma_v = 400\text{kPa}$ で 1 時間圧密させた後に乾湿の履歴を与え，4 サイクル目とした．

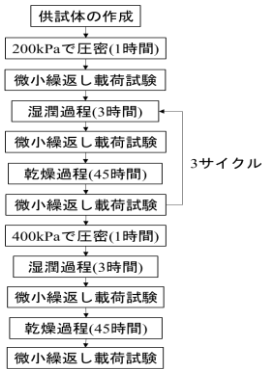


図-2 試験手順

キーワード 地盤工学，スレーキング，一次元圧縮，泥岩，ガラスビーズ

連絡先 〒316-0036 茨城県 日立市 中成沢町 4-12-1 茨城大学 工学部 都市システム工学科 防災・環境地盤工学研究室

(TEL : 0294-38-5004 E-mail : 16t5011y@vc.ibaraki.ac.jp)

3. 実験結果

各 CASE のヤング率 E の変化を図-3 にまとめた。微小繰返し載荷試験により変化した鉛直応力と軸ひずみから応力-ひずみ曲線を描き、その曲線の傾きからヤング率 E を算出した。CASE1 については試料がガラスビーズのみであったため、破碎泥岩を含んでいる他の CASE に比べてヤング率が常に高い状態であった。3 つの CASE とも通水後のヤング率の値は乾燥時に比べて減少することが確認できる。また鉛直応力を $\sigma_v = 200\text{kPa}$ から $\sigma_v = 400\text{kPa}$ に上昇させると、いずれの CASE もヤング率の値が $\sigma_v = 200\text{kPa}$ に測定された時よりも高い値を示した。

各 CASE の間隙比 e の変化については図-4 に示した。CASE1 については試料がガラスビーズのみであったため、間隙比は 4 サイクルを通してほぼ一定であった。CASE2 と CASE3 の間隙比が低下する原因として、第 1 にコラプス現象により体積圧縮したこと、第 2 にスレーキング現象により泥岩が細粒化し間隙に充填されたことが考えられる。1 サイクル目の通水時に、間隙比は急激に減少するが、2 サイクル目、3 サイクル目の通水にかけて緩やかに減少し、4 サイクル目で再び急激に低下することが確認できる。これは 1 サイクル目から 3 サイクル目にかけて $\sigma_v = 200\text{kPa}$ で鉛直応力をかけていたが、4 サイクル目から $\sigma_v = 400\text{kPa}$ に鉛直応力を上昇させたことが影響している。一定の応力下であれば乾湿繰り返しによる破碎泥岩の細粒化には限度があるが、応力を上昇させ湿潤を行うことにより再び細粒化が促進されたと考えられる。しかし、間隙比の低下は細粒化だけではなく、コラプス現象による体積圧縮の影響も考慮する必要がある。

CASE2 の供試体の状況について図-5 に示す。サイクルが進むことによって体積圧縮を生じていることが確認できる。また、ほぼ全ての破碎泥岩が乾湿繰り返しにより細粒化していることも確認でき、その一例を図-5 の赤枠で囲まれた部分に示した。また実験終了後、CASE2 の供試体を観察した際に泥岩とガラスビーズが図-6 のように団粒化した試料を確認した。

4. 結論

本実験で得られた知見を以下に示す。

- ・泥岩が含まれることにより供試体のヤング率は低下した。
- ・一定の圧縮応力下では乾湿繰り返しによる泥岩の細粒化は徐々に少なくなるが、圧縮応力を大きくし湿潤を行うと再び泥岩の細粒化が促進される可能性がある。
- ・一次元圧縮条件下における破碎泥岩のスレーキング現象を可視化する試みにより、破碎泥岩の細粒化を確認できた。

参考文献

- 1) 菊本 統, 福田 拓海, 京川 裕之: 破碎泥岩のスレーキング現象と変形挙動 土木学会論文集 C(地圏工学), Vol.72, No.2, P126-P135, 2016.

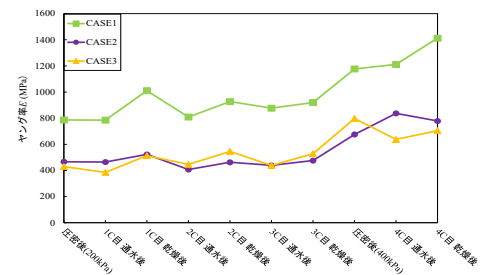


図-3 ヤング率の変化と乾湿サイクルの関係
(サイクルはCと略した)

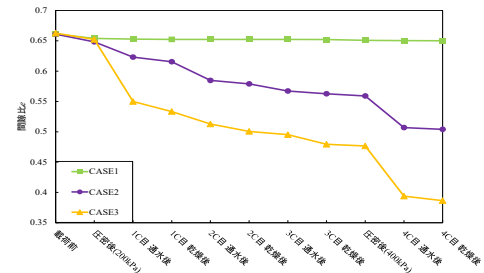


図-4 間隙比 e の変化と乾湿サイクルの関係
(サイクルはCと略した)

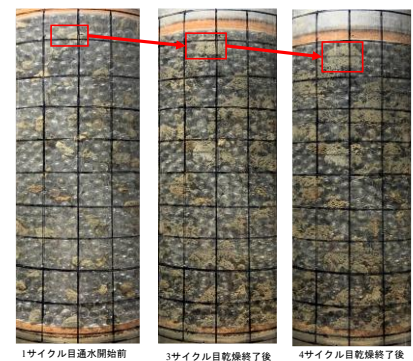


図-5 CASE2 における供試体の変化



図-6 CASE2 の団粒化した試料