

乾湿繰返し圧縮試験機によって作製した供試体に対する三軸圧縮試験

名古屋大学 正会員 酒井崇之
 名古屋大学 フェロー会員 中野正樹
 名古屋大学 学生会員 ○早野智彦

高速道路総合技術研究所 正会員 中村洋丈 小林一

1. はじめに

近年、地震や降雨などによる盛土の崩壊が頻繁に発生しており、泥岩を用いて建設された盛土のスレーキング進行に伴う安定性・耐震性の低下が懸念されている。そのため、スレーキングが進行した泥岩高盛土内部の泥岩岩砕のせん断特性を把握する必要がある。本稿では、締め固めた泥岩砕石供試体に対し、乾湿繰返し圧縮試験機を用いて、上載荷重を与えながら乾湿繰返しを行った供試体に対し、圧密非排水三軸圧縮試験（以下 CUB 試験）を実施した。また上載荷重を受けた状態で、乾湿を与えずに作製した供試体も用意し、これらと比較することで、盛土施工直後と盛土施工後にスレーキングが進行した泥岩岩砕のせん断挙動を把握する。また試験後供試体に対し、粒度試験や針貫入試験を実施することにより、力学挙動が変化する原因を調べた。

2. 乾湿繰返し圧縮試験機を用いた供試体作製過程

本試験で用いた泥岩は神戸で採取した。スレーキング率 83% であり、最大乾燥密度は 1.47g/cm^3 、最適含水比は、25.3% である。その他の物性は文献 2) を参照されたい。神戸泥岩の粒径を 26.5~37.5mm に調整したものを用いた。締固め度 95%，空気間隙率 15% を満たすよう、直径 10cm、高さ 20cm の供試体を 4 層に分け静的締固めにより作製した後、拘束圧条件下で乾湿を与えた。上載荷重は自動制御で、載荷板を介し供試体に与えられる。乾湿繰返しは乾燥過程から始め 3 サイクル実施した。既往の研究 3) のデータを参考にして、乾燥 13 日、水浸 2 日与えた乾湿繰返し圧縮試験機を用いた試験の詳細は文献 3) を参照されたい。本研究における上載荷重は 100kPa、300kPa、600kPa の 3 パターンである。

図 1、図 2 に乾湿 0 回と乾湿 3 回の圧縮ひずみ-時間関係を示す。乾湿 0 回は 600kPa でも約 1% しか沈下しなかったのに対し、乾湿 3 回では乾燥過程で大きく沈下し、水浸過程では若干の膨張を示した。結果として、乾湿 3 回は供試体作製時よりも密度が非常に大きくなった。これを踏まえ、沈下後の乾湿 3 回と密度が同じになるよう乾湿 0 回はあらかじめ密に締め固めて供試体を作製した。乾湿 0 回と 3 回供試体の作製条件を表 1 にまとめる。

3. せん断特性の把握 -CUB 試験結果-

本章では、2 章で作製条件を示した供試体の CUB 試験結果について示し考察する。飽和過程において、二重負圧法を採用し、B 値が 95% 以上となるまで飽和化した。供試体作製時の上載荷重と同一の拘束圧で、24 時間等方圧密を行った後、1%/h のひずみ速度でせん断を実施した。図 3 に試験結果を示す。図中の $q-p'$ 図、 $v-p'$ 図

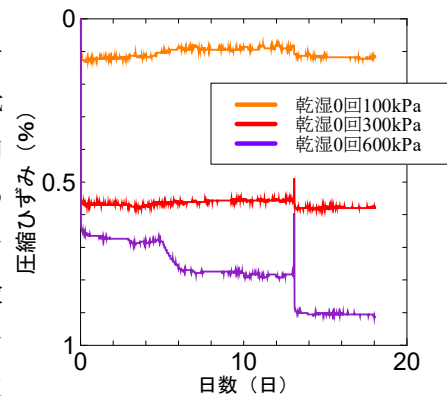


図 1 圧縮ひずみ関係 (乾湿 0 回)

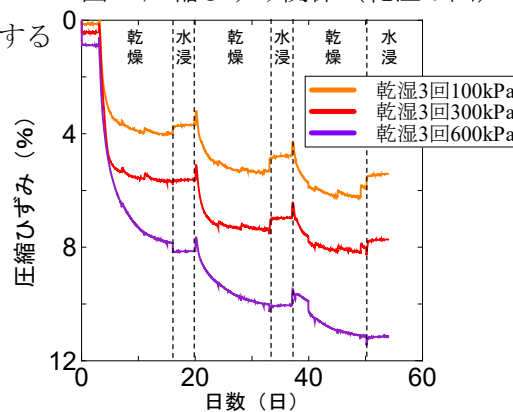


図 2 圧縮ひずみ関係 (乾湿 3 回)

表.1 供試体作製条件 (乾湿 0 回・3 回)

| | 載荷荷重(kPa) | 締固め度(%) | 空気間隙率(%) | 含水比(%) |
|--------|-----------|---------|----------|--------|
| 乾湿 3 回 | 100 | 95.91 | 16 | 21.42 |
| | 300 | 95.91 | 16 | 21.42 |
| | 600 | 95.94 | 16 | 21.42 |
| 乾湿 0 回 | 100 | 101.15 | 9.3 | 22.8 |
| | 300 | 103.76 | 7.1 | 22.8 |
| | 600 | 107.8 | 3.4 | 22.8 |

には再構成試料の限界状態線も示している⁴⁾。乾湿 0 回は、限界状態の上側で塑性膨張を伴う硬化挙動を示した。また乾湿 3 回は、乾湿 0 回よりも塑性膨張の程度が小さく、あるいは塑性圧縮を伴う軟化挙動を示した。そのため、乾湿 0 回よりも乾湿 3 回の方が、軸差応力が低下した。この低下の要因が、スレーキング進行による細粒化や泥岩粒の軟化ではないかと予想し、せん断後供試体に対し粒度試験及び針貫入試験を行った。せん断直後の供試体を縦半分に分割し、半分に対し粒度試験、もう半分に対し針貫入試験を実施した。粒度試験の試験方法については、文献 2) を参照されたい。針貫入試験では、ランダムに 6

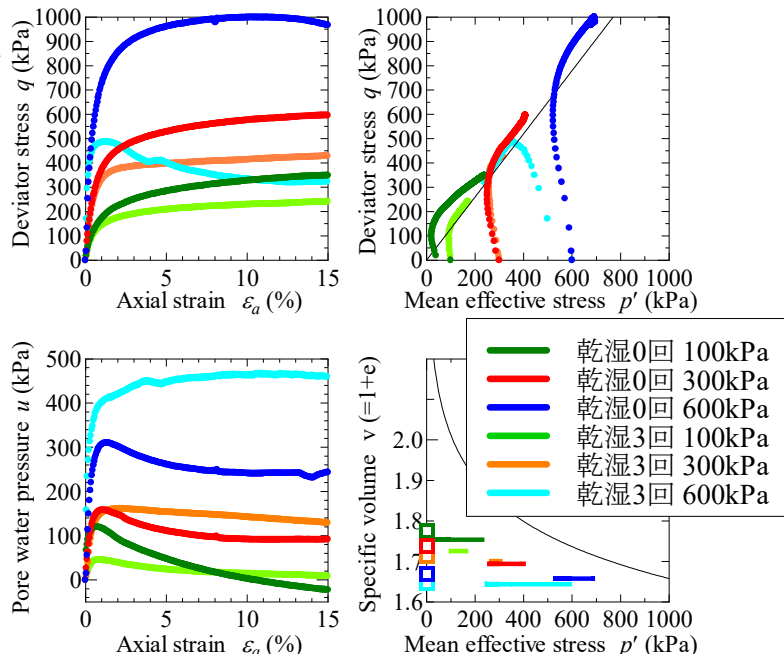


図 3 CUB 試験結果 (乾湿 0 回・3 回)

~7 個選んだ泥岩粒に対し、針貫入試験機を垂直にして、手で押し込むことで針を貫入した。その際の最大荷重を載荷荷重として計測した。図 4 に各供試体の粒径加積曲線を示す。乾湿 0 回の方が乾湿 3 回よりも若干細粒化しており、供試体作製時に泥岩が破碎したことが考えられる。また乾湿による粒度の変化はないと言える。針貫入試験では、各ケースにおいて 6,7 個の泥岩粒で試験し、平均を算出した。その結果を表 2 に示す。粒の硬さは乾湿 3 回の方が小さい値になった。これらの結果から、乾湿繰り返しにより、粒が軟化したために、軸差応力の低下が起きたと考えられる。

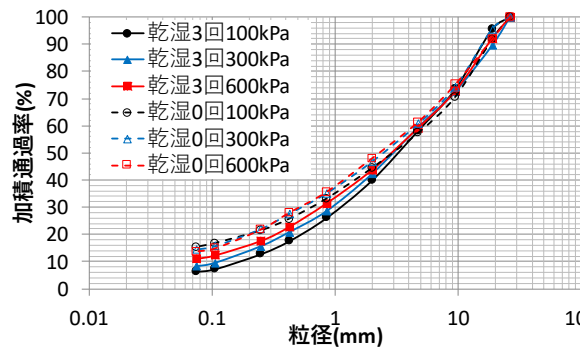


図 4 粒度試験結果 (乾湿 0 回・3 回)

4. まとめ

本報告で得られた結果を以下に示す。1) 供試体作製過程で実施した乾湿繰り返し圧縮試験において、乾燥での大沈下、水浸での膨張が確認された。2) CUB 試験より、作製段階での荷重及び拘束圧によらず、乾湿経験によって軸差応力の低下が見られた。乾湿 0 回は塑性膨張を伴う硬化挙動、乾湿 3 回は顕著ではないが乾湿 0 回と同様の挙動、あるいは塑性圧縮を伴う軟化挙動を示した。3) せん断後供試体

表 2 針貫入試験結果

| | 乾湿 0 回 | | | 乾湿 3 回 | | |
|-------------|--------|-------|-------|--------|------|------|
| 載荷荷重(kPa) | 100 | 300 | 600 | 100 | 300 | 600 |
| 平均荷重(N) | 10.87 | 13.40 | 22.23 | 14.92 | 7.70 | 9.64 |
| 針貫入勾配 Np(N) | 1.09 | 1.34 | 2.22 | 1.49 | 0.77 | 0.96 |

実施した粒度試験では、供試体作製時の泥岩破碎による影響が多少見られた。4) 針貫入試験では、乾湿経験による粒の軟化傾向が見られた。これが乾湿による強度低下の原因として挙げられる。

謝辞

本研究は科学研究費補助金 (若手研究(B): 課題番号 16K18147) により実施された。

参考文献

- 1) 島博保, 今川史郎 (1980): スレーキング材料 (ぜい弱岩) の圧縮沈下と対応策, 土と基礎, Vol.28, No.7, pp.4-12.
- 2) 酒井崇之他(2017): 締固め時の粒径が泥岩碎石集合体の力学挙動に及ぼす影響, 第 52 回地盤工学会研究発表会, pp.421-422.3)酒井崇之他(2017): 乾湿繰り返し圧密試験機による泥岩碎石集合体のスレーキング進行特性と圧縮特性の把握, 土木学会全国大会第 72 回年次学術講演会, pp.27-28.4) 中野正樹他 (2015): スレーキング特性の異なる 3 種類の泥岩碎石集合体の力学挙動に関する骨格構造概念による解釈, 第 50 回地盤工学会研究発表会, pp.1123-1124.