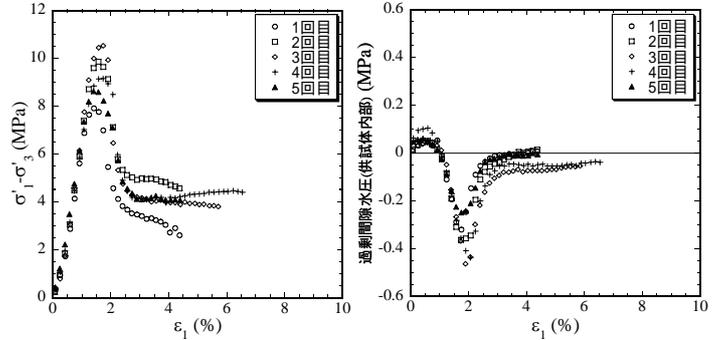


異なるひずみ速度および排水条件における堆積軟岩の平面ひずみ圧縮試験

岐阜大学大学院 学生員 大津 亮太
 岐阜大学工学部 正会員 八嶋 厚
 岐阜大学流域圏科学研究センター
 正会員 沢田 和秀
 名古屋工業大学 正会員 張 鋒

1. はじめに

軟岩斜面崩壊の発生を予測し、未然に防ぐために堆積軟岩の力学挙動を把握することが重要となる。そこで、堆積軟岩の力学挙動を数値化するための要素試験として、堆積軟岩である大谷石を用いて平面ひずみ試験を行った(図-1)¹⁾。実験に用いた平面ひずみ試験機は、等方圧密が可能であり、また供試体内部の間隙水圧を経時的に計測可能であるという特徴を持っている。これらの特徴を活かして、排水状態で平面ひずみ圧縮試験を行い、せん断中に供試体内部の間隙水圧を計測した。その結果、供試体内部において十分な排水が行われず、排水試験の条件を満たしていないことが明らかになった。そのため供試体内に間隙水圧が不均一に分布する模型実験として扱うこととした。そこで本研究では、模型実験として、異なるひずみ速度および排水条件で平面ひずみ圧縮試験を行い、ひずみ速度、排水条件および間隙水圧の関連性について検討した。なお、供試体内部では過剰間隙水圧が発生していたが、供試体の上下端では排水を許していることから、本研究において、排水試験における排水状態を「両端排水状態」と表記する。



(a)軸差応力-軸ひずみ (b)過剰間隙水圧(内部)-軸ひずみ

図-1 平面ひずみ圧縮試験

($\sigma_3 = 1.0\text{MPa}$ 、ひずみ速度 $0.001\%/min$ 、両端排水状態)

2. 試験試料

本研究では堆積軟岩である大谷石を用いる。軟岩は、一軸圧縮強度が 20MPa 以下の、土と岩の中間的な力学挙動を呈する材料と定義されており²⁾、その中でも堆積軟岩は、火山の噴火等で堆積した火山灰や小石等が押し固められて岩になる中途段階の岩のことをいう³⁾。また、大谷石は、比較的均質で目立った空隙が少ない材料である。本研究で用いる供試体の寸法は、高さ 200mm 、幅 100mm 、奥行き 80mm の直方体供試体である。

3. 試験概要

平面ひずみ試験とは、一方向のひずみを発生させないように制御できる試験である。平面ひずみ試験における応力状態を図-2に示す。

本実験で使用する平面ひずみ試験機には、二つの大きな特徴がある。まず一つは、等方圧密が可能なことである。中間主応力方向のひずみ (ϵ_2) を発生させないために取り付けある拘束棒を、供試体に密着させずに圧密を行い、圧密終了後に、供試体に密着させることが可能なためである。もう一つは、供試体の側面に穴を開け、そこから内部にチューブを通すことで、供試体内部の間隙水圧を経時的に計測できることである。これにより、せん断帯付近での間隙水圧を知ることが可能となる。

本研究では、種々の条件のもと平面ひずみ圧縮試験を行う。まず、供試体内部の間隙水圧を計測するために開けた穴が、試料の強度等にどのような影響を及ぼすのかを検討する。そのため、穴を開けた供試体と穴を開けていない供試体を用いて、それぞれ拘束圧 $\sigma_3 = 1.0\text{MPa}$ 、ひずみ速度 $0.001\%/min$ 、両端排水状態において、平面ひずみ圧縮試験を行う。

次に、異なるひずみ速度および排水条件において平面ひずみ圧縮試験を行う。試験条件を表-1に示す。拘束圧 $\sigma_3 = 1.0\text{MPa}$ のもと、ひずみ速度 0.001 、 0.01 、 0.1 、 $1.0\%/min$ 、排水・非排水試験の計8ケースの平面ひずみ圧縮試験を行う。なお、ひずみ速度 $0.001\%/min$ 、両端排水状態での平面ひずみ圧縮試験は、H17年度に行った試験結果を用いた。

4. 試験結果

4.1. 供試体内部の間隙水圧計測のための穴が供試体に与える影響

穴を開けた供試体および穴を開けていない供試体を用いた平面ひずみ圧縮試験の結果を図-3に示す。図-3(a)において、穴を開けた供試体は穴を開けていない供試体と比較して、残留強度がわずかに低いことが分かるが、ピーク強度はほぼ同じである。図-3(b)より、供試体にあけた穴は、試験結果に大きな影響を与えないと判断した。

4.2. 異なるひずみ速度における軟岩の力学挙動の比較

両端排水状態における異なるひずみ速度での平面ひずみ圧縮試験の結果を図-4に示す。また、非排水状態における、異なるひずみ速度での平面ひずみ圧縮試験の試験結果を図-5に示す。すべての試験において、ひずみ軟化学動を確認した。

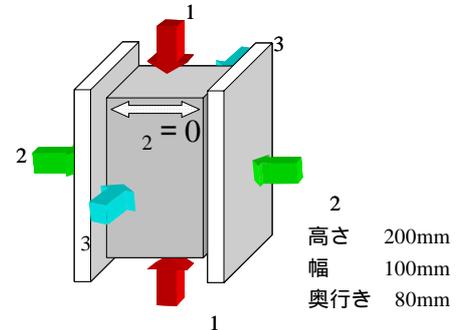


図-2 平面ひずみ試験における応力状態

表-1 試験条件

拘束圧(MPa)	鉛直軸ひずみ速度(%/min)	排水条件
1.0	0.001	両端排水
		非排水
	0.01	両端排水
		非排水
	0.1	両端排水
		非排水
	1.0	両端排水
		非排水

H17年度に行った試験

キーワード：軟岩，平面ひずみ

連絡先：〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1 (八嶋研究室) 電話 058-293-2422

ピーク強度、中間主応力および残留強度はひずみ速度に依存するという結果が得られた。すべての試験においてピーク強度に達する時の鉛直軸ひずみは、1.5%程度であったことから、ピーク強度に達するときの鉛直軸ひずみは、ひずみ速度に関わらず一定値をとるといえる。このことから、破壊はひずみの大きさで決定されると考えられる。なお、図-4(b)、図-5(b)より、ひずみ速度 0.01%/min の両端排水状態およびひずみ速度 0.1%/min の非排水状態における他の試験と異なり、中間主応力に明確なピークが確認できない。これは、試験後の供試体の状態を目視で確認した結果、せん断破壊した際のせん断面が中間主応力方向に発生していたためであると考えられる。そのため、ひずみ速度 0.01%/min の両端排水状態およびひずみ速度 0.1%/min の非排水状態での試験は、平面ひずみ試験として取り扱えないと判断し、残留状態については比較の対象としないこととする。

4.3. 異なる排水条件における軟岩の力学挙動の比較

図-4、図-5 を比較すると、両端排水状態で行った試験の方がピーク強度、中間主応力が大きな値を示していることが分かる。排水試験にも関わらず供試体内部では、過剰間隙水圧の発生がみられたことから、排水試験の条件を満たしていないことが確認された。ひずみ速度 1.0%/min での試験において、供試体内部の過剰間隙水圧は、両端排水状態でも非排水状態でも同ような挙動を示すことが分かった。

5. 結論

本研究では、飽和軟岩供試体を用いた平面ひずみ圧縮試験を行った。当初は、平面ひずみ条件下における材料の力学特性の把握のための要素試験として検討する予定だったが、はじめに述べたように、本研究で設定した試験条件では、供試体内部に間隙水圧が不均一に分布するため、模型実験として扱った。飽和軟岩について平面ひずみ条件下で、しかも供試体内部の間隙水圧を計測できる模型実験は他に例を見ない。これまで、一般的な円柱供試体を用いた試験から軟岩の構成式が提案されている。本研究で行われた模型実験を提案されている軟岩の構成式を用いて再現解析を行うことで供試体内部の間隙水圧の挙動も含め、より精度の高い軟岩の構成式の提案ができる。

参考文献

- 1) 岩田麻衣子ら：堆積軟岩の三軸状態および平面ひずみ状態における力学挙動，第 41 回地盤工学研究発表会講演集，pp.515-516，2006 年．
- 2) 赤井浩一：軟岩とは？，土と基礎，Vol.41，No.10，Ser.No.429，pp.1～6，1993 年 10 月．
- 3) 土木学会：軟岩-調査・設計・施工の基本と事例-

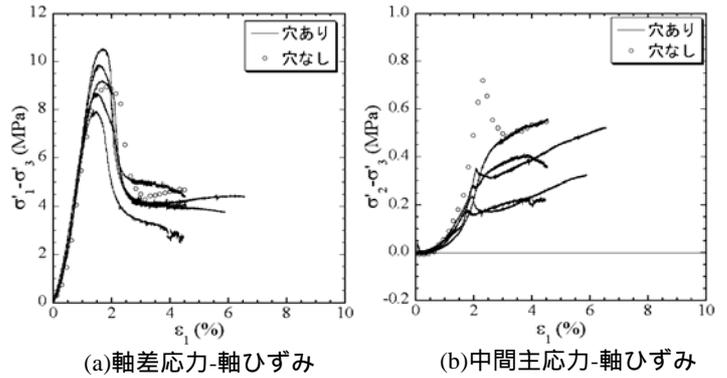


図-3 平面ひずみ圧縮試験 (σ₃ = 1.0MPa、ひずみ速度 0.001%/min、両端排水状態)

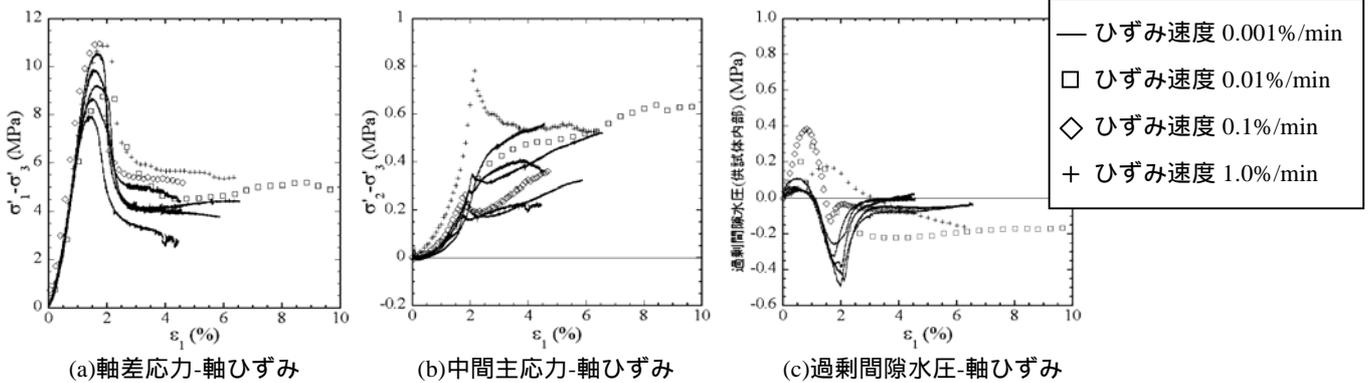


図-4 平面ひずみ圧縮試験 (両端排水状態)

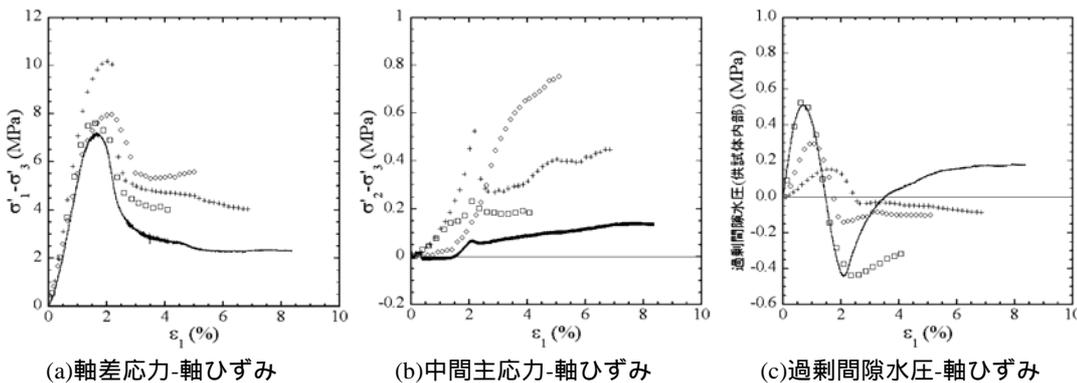


図-5 平面ひずみ圧縮試験 (非排水状態)