

異なるひずみ速度および拘束圧における堆積軟岩の三軸圧縮試験

岐阜大学 学生会員 林 宏樹
 岐阜大学 非会員 岩田 麻衣子
 岐阜大学 正会員 檜尾 正也
 岐阜大学 正会員 沢田 和秀
 岐阜大学 正会員 八嶋 厚

1. はじめに

平成 11 年東海北陸自動車道の切土のり面崩壊や平成 15 年熊本県水俣市の土砂崩れ¹⁾など、降雨による軟岩斜面の崩壊が発生している。これらの被害を軽減するための 1 つの手段として、数値解析による斜面崩壊の予測が挙げられる。正確な数値解析を行うためには、堆積軟岩の力学挙動を把握し、これを正確に表現できる構成式が必要である。

斜面崩壊を予測するために用いる構成式を高度化するために、様々なひずみ速度での力学挙動を把握する必要がある。これまでに、堆積軟岩の力学挙動を把握するために、堆積軟岩を用いて種々の室内試験が行われてきた²⁾。その結果、堆積軟岩の力学挙動には、ひずみ速度や拘束圧が影響することを確認した。また、それらの実験結果に基づき、軟岩の構成式が提案されている³⁾。

本研究は、提案されている堆積軟岩の構成式の高度化を目的としている。そこで、これまで試験されていない条件で圧密排水三軸圧縮試験を行った。

2. 試験試料

堆積軟岩は、一軸圧縮強度が 20MPa 以下であり、土と岩の中間的な力学挙動を呈する材料と定義され⁴⁾、ひずみ軟化挙動や時間依存性挙動などの力学的特徴を有する。また、堆積軟岩は、堆積物が埋没していく過程で、上載荷重によって押し固められたり、地温の上昇に伴う化学的な膠結作用によって糊付けされたりして、堆積岩になる、続成作用の途中の過程にある岩だとされる⁵⁾。本研究では、大谷石の一種の戸室石を用いる。戸室石は、栃木県宇都宮市で採取される堆積軟岩であり、比較的均一な材料である。三軸試験には、高さ 100mm、直径 50mm の円柱供試体を用いる。堆積軟岩は、風化の影響を受けやすく、採取してからの経過時間や採取時期および採取場所の違いが、強度特性に影響することが確認されている⁶⁾。本研究では、採取条件の違いによる影響を少なくするために、使用するすべての供試体を同じブロックから採取し、風化防止のために脱気水に浸して保存した。

3. 試験概要

飽和供試体を用いて、三軸圧縮試験を行った。本研究では、拘束圧は 0.1、0.5、1.0、4.0MPa の 4 通りとし、それぞれの拘束圧に対して、軸ひずみ速度が 0.01、0.1%/min の計 8 ケースの圧密排水三軸圧縮試験を行った(表-1)。全ての

試験で背圧は 0.5MPa とした。試験中に軸ひずみが 9~10% に達し、軸差応力や体積ひずみの変化が一定になった時点で試験終了とした。

表-1 圧密排水三軸圧縮試験の試験条件

		圧密排水三軸圧縮試験		
		ひずみ速度(%/min)		
		0.001	0.01	0.1
拘束圧 (MPa)	0.1	2)		
	0.5	2)		
	1.0	2)		
	4.0	2)		

: これまでの研究 : 本研究

表-2 圧密非排水三軸圧縮試験の試験条件

		圧密非排水三軸圧縮試験		
		ひずみ速度(%/min)		
		0.001	0.01	0.1
拘束圧 (MPa)	0.5	7)	7)	7)
	1.0	7)	7)	7)

: これまでの研究

4. 圧密排水三軸圧縮試験結果

4.1 異なるひずみ速度における試験結果の比較

すべての試験でひずみ軟化挙動を確認した。図-1 は、軸差応力と軸ひずみの関係を表したものである。図-1 から、せん断初期の軸差応力の傾きは、ひずみ速度にさほど依存しないことが確認できた。ピーク強度は、軸ひずみ速度が速いほど大きい傾向にあることがわかった。また、ピーク強度に達する軸ひずみは、どのひずみ速度でも 1.5~2.0% である。残留強度は、ひずみ速度に依存せず、ほぼ一定の値となる。

図-2 は、体積ひずみと軸ひずみの関係を表したものである。図-1, 2 から、ピーク強度となる軸ひずみに達した後、体積膨張が始まることがわかった。図-3 は、軸差応力のピークと軸ひずみ速度の関係を表したものである。比較のため、岩田ら⁷⁾の結果を用いた。試験条件を表-2 に示す。図-3 から、ひずみ速度が 0.01, 0.001%/min になれば、軸差応力のピーク値がほぼ同じになる傾向がある。

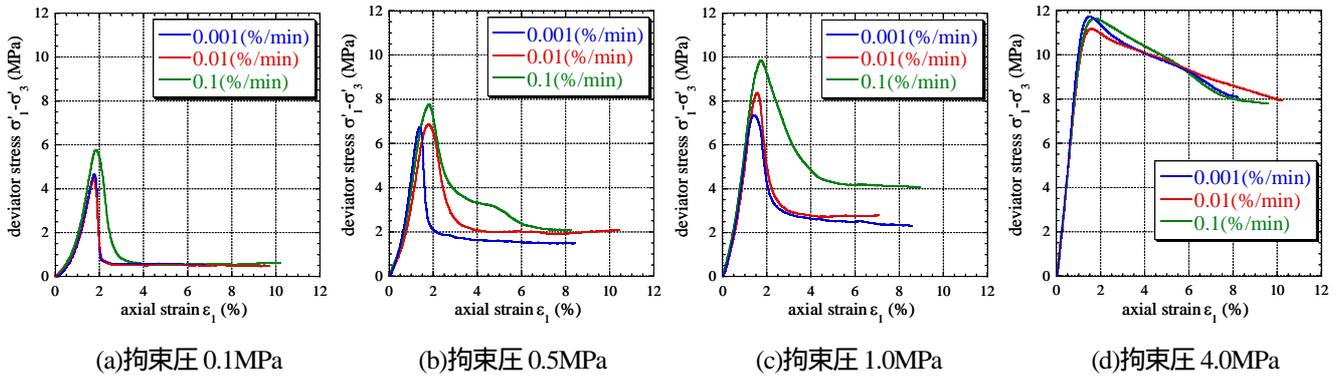


図-1 軸差応力($\sigma'_1 - \sigma'_3$) - 軸ひずみ関係(圧密排水三軸圧縮試験)

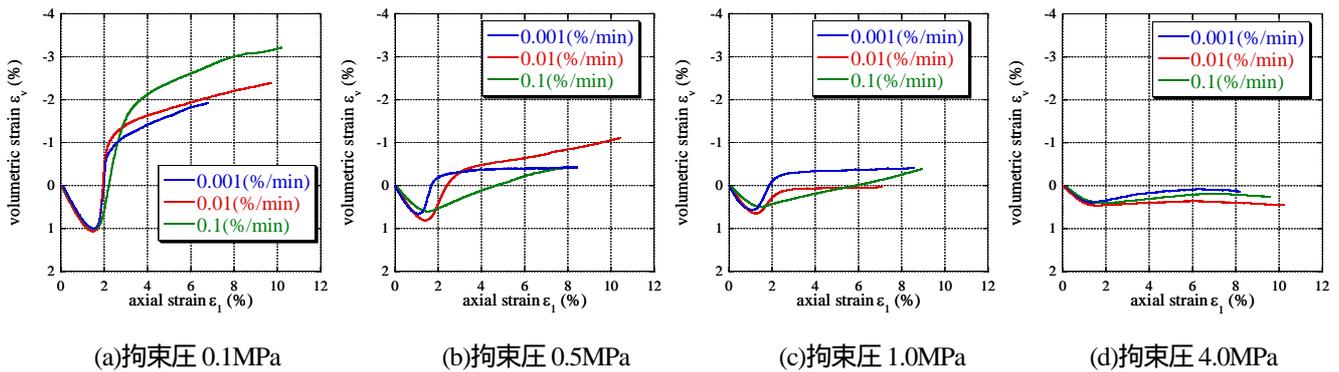


図-2 体積ひずみ - 軸ひずみ関係(圧密排水三軸圧縮試験)

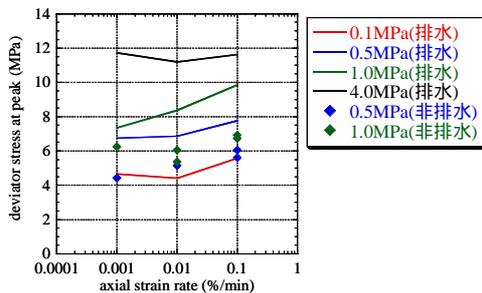


図-3 軸差応力のピーク - 軸ひずみ速度関係 (圧密排水・圧密非排水三軸圧縮試験)

よって供試体内部で、間隙水が完全に排水されている状態であるとみなすことができる。ひずみ速度が速くなるほど軸差応力のピークが大きい値になる傾向にあるが、これは供試体内部で完全に排水されていないことやひずみ速度効果による影響があると考えられる。

4.2 異なる拘束圧における試験結果の比較

図-1 から、拘束圧が高い試験ほど、せん断初期の軸差応力の傾きやピーク強度、残留強度が大きくなることがわかる。さらに、ひずみ軟化が延性的な挙動になることも確認できた。

図-2 から、低い拘束圧での試験は体積膨張が顕著になり、高い拘束圧での試験は体積膨張が生じにくくなるのがわかる。

5. 結論

本研究では、堆積軟岩の供試体を用いて圧密排水三軸圧縮試験を行った。その結果、設定した軸ひずみ速度の範囲では、ひずみ速度が変化しても、軸差応力のピークや残留強度に変化はみられなかった。そして拘束圧が大きくなると、せん断初期の軸差応力の傾き、ピーク強度および残留強度が大きくなることが確認できた。

今後、これらの結果を用いて、提案されている堆積軟岩の構成式の高度化を行う。

参考文献

- 1) 岩尾雄四郎：2003年熊本県水俣市で発生した豪雨による斜面災害：日本地すべり学会誌, Vol.40, No. 1, p88, 2003 .
- 2) 例えば、大津亮太ら：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, 土木学会第62回年次学術講演会, pp.409-410, 2007.
- 3) Hla Aung : Modeling of time-dependent behavior of sedimentary soft rock and its applications to progressive failure of slope, Ph.D dissertation of Gifu University, 2006.
- 4) 赤井浩一：軟岩とは?, 土と基礎, Vol.41, No.10, Ser.No.429, pp.1~6, 1993.
- 5) 土木学会：軟岩評価・調査・設計・施工への適用 , p.1, 1984.
- 6) 内藤清和ら：三軸状態と平面ひずみ状態における堆積軟岩の圧縮・クリープ試験, 第40回地盤工学研究発表会, No.281, 2005.
- 7) 岩田麻衣子ら：三軸圧縮試験による堆積軟岩のひずみ速度および拘束圧依存特性の把握, 第43回地盤工学研究発表会, No.245, 2008.