

平面ひずみ状態における堆積軟岩のひずみ軟化挙動

(財)地域地盤環境研究所	正会員	ラ アウン
岐阜大学	正会員	八嶋 厚
名古屋工業大学	正会員	張 鋒

1. はじめに

地盤工学の分野において、粘土と砂に対する平面ひずみ状態での力学試験が多く行われている。しかし、比較的強度の大きい堆積軟岩について平面ひずみ状態で力学試験を実施するのは困難である。また、地盤工学の課題である斜面やトンネルの安定問題などは、堆積軟岩のひずみ軟化挙動と密接な関係があることが知られている。そこで、堆積軟岩の力学挙動を明らかにすることが重要となる。ところで、平面ひずみ圧縮試験では、ほぼ同一の複数の供試体を同一条件下で試験した際の結果の相違が問題となる場合がある。そこで本報では、同じ排水条件で3つの供試体を用いて平面ひずみ圧縮試験を行い、その結果のばらつきを考察することとした。

2. 平面ひずみ試験装置

本研究で用いた平面ひずみ試験装置を図-1に示す¹⁾。この装置は、三軸セル内において供試体を完全等方圧密した後に、拘束板を押し付けることで、初めて拘束板を供試体に密着させることができる構造となっている。さらに供試体の側面から中心までチューブを通すことで、供試体の中心の間隙水圧を測定することもできることが特徴である。

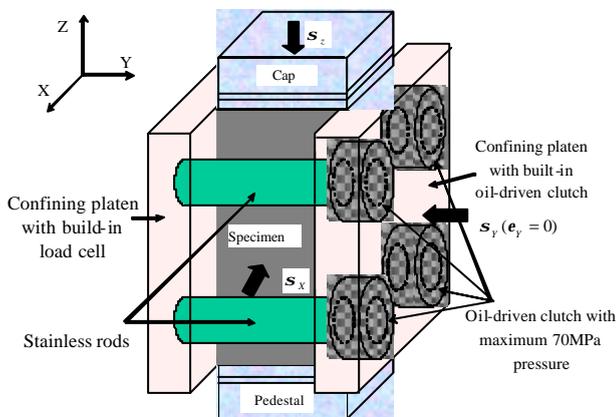


図-1 平面ひずみ試験装置

3. 供試体と試験方法

本研究で用いた試料は大谷石である。深さ30mの位置から堆積軟岩をブロック状態で切出し、成形して供試体を作成した。供試体の寸法は長さ200mm、幅100mm、厚さ80mmである。80mm×200mmの側面を両面から拘束板で拘束した。供試体を飽和させるため、間隙をCO₂で置換し、間隙空気を追い出した。圧縮試験を行う前に、等方圧1.0MPaで24時間静置して等方圧密した。なお、圧縮試験は排水条件で行った。

軟岩は、一軸圧縮強度が20MPa以下であり、土と硬岩の中間的な力学挙動を呈する材料である。せん断により応力が増加して最大強度に達した後、減少に転じ、最終的には残留強度に至るひずみ軟化挙動が、軟岩の大きな特徴である。ひずみ軟化の発生時には、正のダイレイタンスが生じている。

平面ひずみ状態における堆積軟岩の強度の信頼性を調べるために、試験では3つの供試体を同じ条件で載荷した。1.0MPaでの等方圧密終了後、図-1に示すY方向を拘束板で拘束し、X方向に拘束圧1.0MPaを与え、Z方向にひずみ速度0.001%/minにて載荷した。試験の結果について、軸ひずみに対する軸差応力、体積変化、過剰間隙水圧で整理することとした。

4. 試験結果と考察

試験結果を図-2に、供試体の破壊状態を写真-1に示す。なお、写真では過剰間隙水圧の測定位置も示した。図-2(a)よりひずみ軟化挙動が認められた。また最大強度には差があった。しかし、残留強度には差がなかった。(b)より、いずれの供試体でも最初に体積圧縮が発生し、軸差応力が最大となる軸ひずみ2%を超えた後、体積膨張(正のダイレイタンス)に転じた。すなわち、軟岩の特徴であるひずみ軟化

キーワード 堆積軟岩, 平面ひずみ, ひずみ軟化, ダイレイタンス, 過剰間隙水圧
 連絡先 〒113-0034 東京都文京区湯島 1-8-4 山川ビル TEL 03-3812-4792 FAX 03-3812-4793

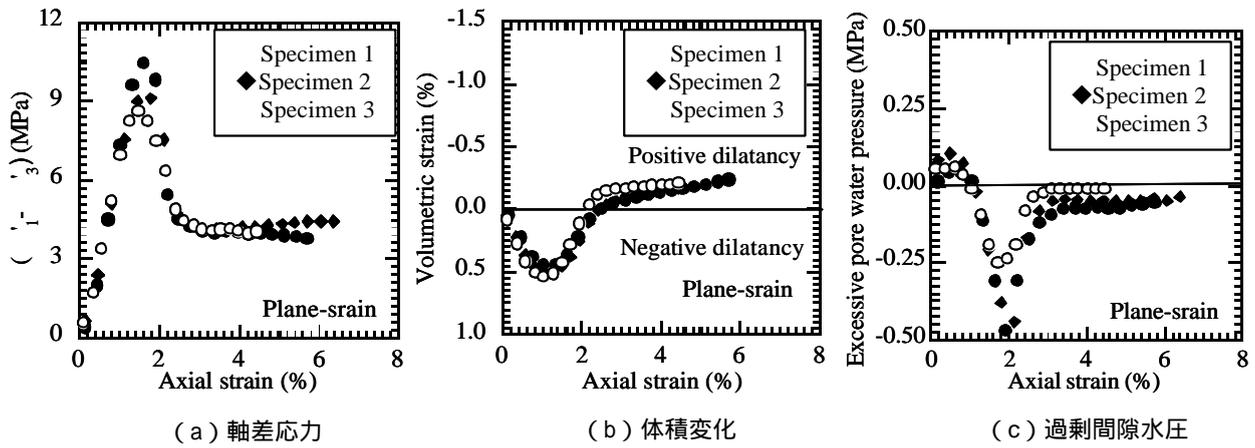


図-2 軸ひずみと軸差応力，体積変化，過剰間隙水圧の関係

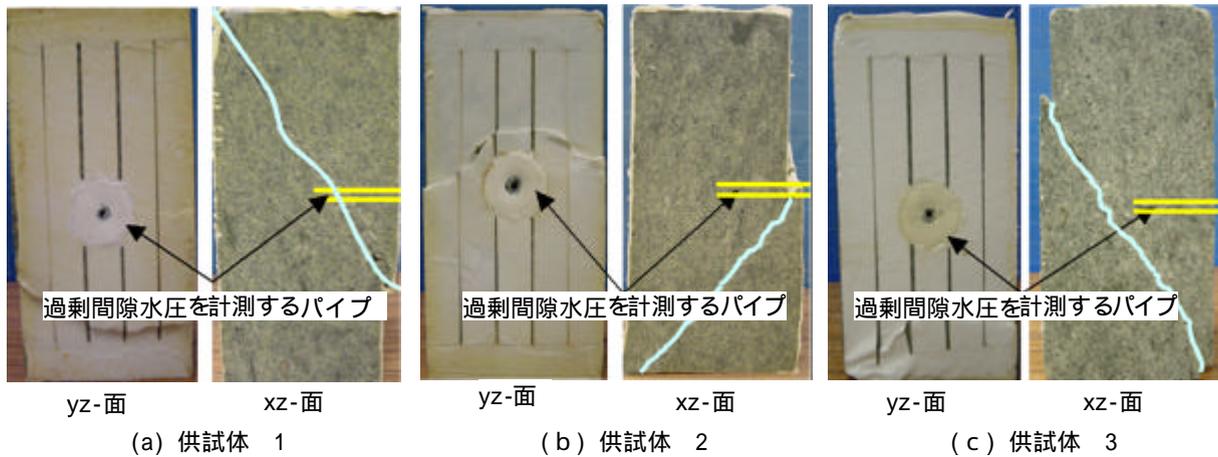


写真-1 過剰間隙水圧を計測する措置と試験後の破壊面（著者により記入）

の発生時に体積膨張（正のダレイタンシー）が発生することが確認された。(c)より，いずれの供試体でも軸ひずみが 2%の時に過剰間隙水圧が負の最大値を取ったが，その値は供試体 1, 2 が-0.5MPaであったのに対して供試体 3 のみ-0.25MPa と異なり，軸差応力の結果と同様に供試体 3 のみ特異な結果であった。

写真-1 より，いずれの供試体も破壊面が装置の拘束板(xz 面)に垂直であり，平面ひずみ状態で破壊したと言える。また，破壊面と過剰間隙水圧測定位置との離れは，供試体 1, 3, 2 の順に近かった。このことは，図-2(a), (c)の傾向，すなわち，最大強度や過剰間隙水圧の負の最大値大きいさと，破壊面との距離に関係は認められない結果であった。

以上の結果より，供試体 1, 2 はほぼ同様な結果になったが，供試体 3 のみ少し異なった結果となり。供試体間の相違が現れたと言える。用いた供試体の大きさとひずみ速度の条件下では，内部に過剰間隙水圧を発生させない排水試験は不可能であった。

4. 結論

平面ひずみ試験装置を用い，3 つの供試体を同一条件下で試験した結果から，次のことがわかった。

1. いずれの供試体とも，平面ひずみ状態におけるせん断破壊が発生し，平面ひずみ状態の試験を行えることがわかった。
2. 供試体 3 のみ，強度，過剰間隙水圧の挙動に他との相違が見られた。ただし，せん断面と過剰間隙水圧計測位置との離れには依らない。このことより供試体 3 は特異であったと考えられる。
3. 軟岩の特性であるひずみ軟化とともに正のダレイタンシー現象が認められた。
4. 用いた供試体の大きさとひずみ速度の条件下では，内部に過剰間隙水圧を発生させない排水試験は不可能であった。

参考文献

1) Ye, G. L., Naito, K., Sawada, K., Zhang, F. and Yashima, A. (2004): "Experimental study on soft sedimentary rock under plane strain compression and creep tests." *Proc. of Int. Conf. Contribution of Rock mechanics to the new century*, Vol.2, 865-870.