

飽和砂岩の三軸圧縮下における ひずみ速度の影響に関する実験的研究

日本大学大学院 ○本橋 宗明
日本大学工学部 正会員 渡辺 英彦

1. はじめに

地下空間の利用においては、構成する岩石の長期的安定性や破壊予知は重要である。そのため、岩石の変形、強度特性に及ぼす時間依存性に関する試験が行われているが、乾燥状態の岩石を対象としている場合が多い。水分、とくに間隙水圧が作用する場合の試験は行われていない。

本研究では、間隙水圧が作用している岩石の力学特性に及ぼすひずみ速度の影響を把握するため、異なるひずみ速度と拘束圧を設定し、非排水三軸圧縮試験を行った。

2. 実験概要

2.1 供試体作製

実験に使用した岩石は群馬県高崎市で採取された多胡砂岩である。ブロック状の岩塊を直径5cmの円柱状にコアリングし、整形機により端面の平行度 $\pm 1/20\text{mm}$ 、高さ10cmに整形した。その後、蒸留水に72時間浸水させ、さらに飽和度を高めるため真空デシケータに移し、同じく蒸留水で72時間以上吸引・脱気させたものを実験に使用した。

2.2 載荷条件

ひずみ速度を 1×10^{-6} 、 1×10^{-5} 、 $4 \times 10^{-4}/\text{s}$ 、初期間隙水圧2MPaとして初期有効拘束圧(以下、初期 σ_3' と示す)が2、3、5、12MPaとなるように拘束圧を設定した。その後、非排水状態として、計12パターンの実験を行った。

3. 実験結果および考察

本実験では式(1)に示すように、軸応力(σ_1)および拘束圧(σ_3)と間隙水圧(P_p)の差を有効応力(σ_1' 、 σ_3')としている。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_1' &= \sigma_1 - P_p \\ \sigma_3' &= \sigma_3 - P_p \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

試験より得られた初期 $\sigma_3'=12\text{MPa}$ の応力-ひずみ曲線と間隙水圧の変化を図-1に示す。初期 $\sigma_3'=12\text{MPa}$ では、軸ひずみ0.006~0.01付近でピーク強度に達し、ピーク強度以降に耐荷力はほとんど減少せず一定の値を示している。初期 σ_3' が小さい場合も、同程度のひずみひずみ速度 間隙水圧 有効応力 非排水三軸圧縮

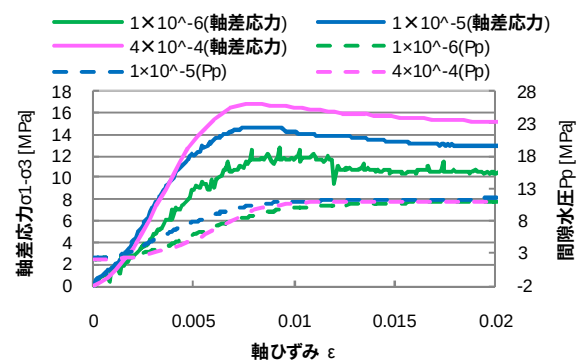


図-1 応力-ひずみ曲線 (初期 $\sigma_3'=12\text{MPa}$)

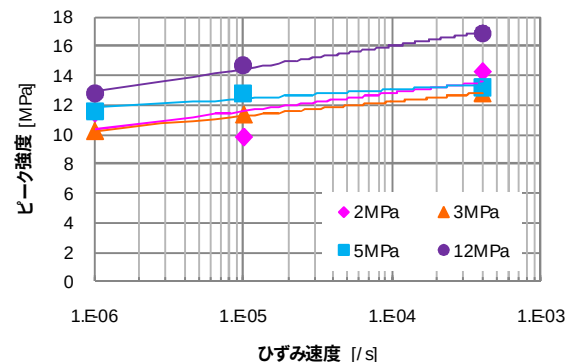


図-2 ピーク強度とひずみ速度の関係

レベルでピーク強度に達しているが、ピーク強度以降にひずみ軟化傾向を示している。初期 $\sigma_3'=12\text{MPa}$ とした場合の間隙水圧はピーク強度以降も値が増加した後一定値を示している。一方、初期 σ_3' が小さい場合はピーク強度時にわずかに値が減少し、その後は一定値を示す傾向が観察された。

次に、各初期 σ_3' のピーク強度とひずみ速度の関係を

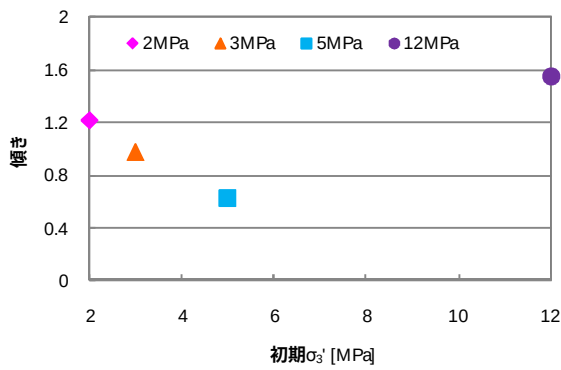


図-3 直線近似の傾き

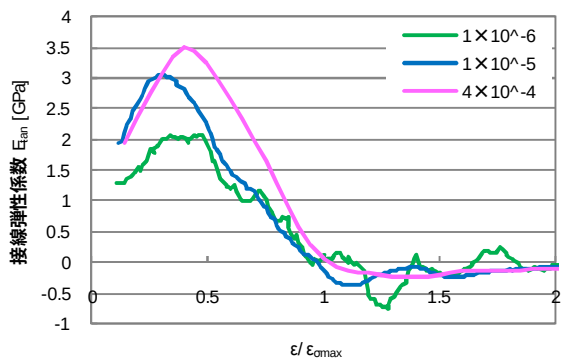


図-5 接線弾性係数(E_{tan}) (初期 $\sigma_3'=12\text{MPa}$)

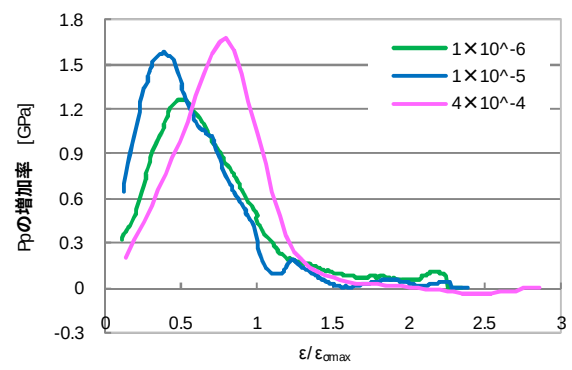


図-4 間隙水圧(P_p)の増加率 (初期 $\sigma_3'=12\text{MPa}$)

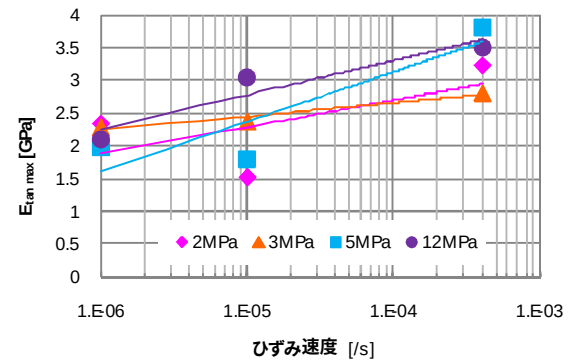


図-6 E_{tan} のピーク点の大きさとひずみ速度の関係

図-2 に示す。初期 $\sigma_3'=2\text{MPa}$ の場合にはピーク強度にバラツキがあるが、ひずみ速度が速く、初期 σ_3' が大きくなるほどピーク強度が大きい値を示している。また、初期 σ_3' ごとに直線近似した場合の傾きを図-3 に示す。初期 σ_3' の違いによる影響はなく、その後は $0.5 \sim 1.6$ の値を示した。丹野ら¹⁾は乾燥状態で同様の試験を行っている。乾燥状態におけるピーク強度は $16 \sim 23\text{MPa}$ 、直線近似した傾きは $0.4 \sim 0.55$ であった。その値と比較すると、本研究におけるピーク強度は 60% 程度の値となっており、また直線近似の傾きは大きな値となっている。

次に初期 $\sigma_3'=12\text{MPa}$ とした場合の間隙水圧の増加率を図-4 に示す。横軸にピーク強度時の軸ひずみを 1 として正規化した $\varepsilon/\varepsilon_{\max}$ 、縦軸を増加率とした。ひずみ速度が速いほど最大値は大きい値を示したが、ピーク点のひずみレベルにはひずみ速度の影響はみられなかった。初期 σ_3' が小さい場合もほぼ同様の傾向であった。

次に接線弾性係数(以下、 E_{tan} と示す)を図-5 に示す。ピーク点のひずみレベルは初期 σ_3' によらず、ひずみレベル $0.3 \sim 0.6$ の間にある。この E_{tan} のピーク点の大きさとひずみ速度の関係を図-6 に示す。初期 $\sigma_3'=2, 5\text{MPa}$

の結果にややバラツキがみられるが、ひずみ速度が速くなるほど、 E_{tan} のピーク点が大きな値を示している。

4. まとめ

本研究では間隙水圧の作用している多胡砂岩を用いて非排水三軸圧縮下におけるひずみ速度の影響について検討した。応力-ひずみ曲線では、初期 σ_3' が大きい場合はピーク強度以降に耐荷力は減少せず一定値を示し、初期 σ_3' が小さい場合にはひずみ軟化傾向を示した。ピーク強度はひずみ速度が速くなるほど大きな値を示した。その傾きには、初期 σ_3' の明瞭な影響はなかった。間隙水圧の最大増加率は初期 σ_3' が大きいほど大きな値となり、ひずみ速度の影響が観察された。 E_{tan} のピーク点は、ひずみ速度が速くなるほど大きくなる傾向にあるが、ピーク点のひずみレベルには明瞭なひずみ速度の影響はなかった。

参考文献

- 1) 丹野祐人・渡辺英彦(2009):岩石の三軸圧縮下における力学的挙動と AE 特性に及ぼすひずみ速度の影響,第 17 回アコースティック・エミッション総合コンファレンス論文集(2009),pp.37-40