飽和多胡砂岩の三軸圧縮下におけるひずみ速度の影響

日本大学大学院	学生会員	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。そのために岩石の変形性 や強度特性に及ぼす時間依存性に関する実験が行われているが、そのほとんどは乾燥状態の岩石を対象としてい る。一般に岩石は水分を含んでおり間隙水圧が作用している場合もあるが、飽和状態や間隙水圧が作用する場合 についての検討はほとんど実施されていない。

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. 実験条件

2.1 試料

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。ブロック状の岩塊から直径 50mm の円 柱状にコアリングし、整形機により端面の平行度 ±1/20mm、高さ 100mm に整形した。その後、蒸留水に 72 時間自然吸水させ、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、4×10⁻⁴/s、初期間隙水 圧 2MPa として初期有効拘束圧(以下、初期 σ₃'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(σ₁)および拘 束圧(σ₃)と間隙水圧(Pp)の差を有効応力(σ₁'、σ₃')として いる。

 $\begin{array}{c} \sigma_1 \stackrel{\prime}{=} \sigma_1 - Pp \\ \sigma_3 \stackrel{\prime}{=} \sigma_3 - Pp \end{array} \right\} \cdot \cdot \cdot (1)$

実験より得られた初期 σ₃'=12MPa の応力-ひずみ曲 線と間隙水圧の変化を図-1 に示す。初期 σ₃'=12MPa 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。間隙水圧はピーク強度以降も値が増加し た後に一定値を示している。一方、初期 σ₃'が小さい場 合も、同程度のひずみレベルでピーク強度に達してい

ひずみ速度 間隙水圧 有効応力 非排水三軸圧縮

日本大学大学院工学研究科,福島県郡山市田村町徳定字中河原1番地 〒:963-8642 TEL:024-956-8722



図-1 応力-ひずみ曲線と間隙水圧の変化

(初期 o3'=12MPa)



図-2 ピーク強度とひずみ速度の関係

るが、ピーク強度以降にひずみ軟化傾向を示している。 また、間隙水圧の変化はピーク強度付近でわずかに値 が減少し、その後は一定値を示す傾向が観察された。

各初期 σ_3 'のピーク強度とひずみ速度の関係を図-2 に示す。初期 σ_3 '=2MPa の場合にはバラツキがみられ 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 σ₃' ごとに直線近似した場合の傾きは、0.5~1.6 の値を示 した。初期 σ₃'の違いによる影響はなかった。丹野ら¹⁾ は乾燥状態で同様の実験を行っている。乾燥状態にお いてのピーク強度は 16~23MPa、直線近似した傾きは 0.4~0.55 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ことから飽和砂 岩においてひずみ速度の影響が大きいと思われる。

初期 $\sigma_3'=3$ 、12MPa とした場合の間隙水圧の増加率 を図-3、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 ϵ/ϵ_{omax} 、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傾向を示したが、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 $\sigma_3'=3$ MPa はひずみレベル 0.8 ~ 1.0 程 度で増加率が 0 の値を示し、一旦負の値を示した後に 0 の値に推移している。初期 $\sigma_3'=12$ MPa では全てのひ ずみ速度においてピーク強度時のひずみレベル以降も 間隙水圧の増加率は正の値を示し、ひずみレベルが 1.5 程度で 0 に近づく傾向にある。

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 ~ 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 σ_3 '=2、5MPa の結果に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

本研究は間隙水圧が作用す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。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 σ₃'の明瞭な影響はな かった。間隙水圧のピーク点の値はひずみ速度が速い ほど大きな値となる傾向を示した。初期 σ₃'の違いによ リピーク強度付近における間隙水圧の増加率に異なる 傾向が観察された。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}

丹野祐人・渡辺英彦: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,pp.37-40,2009



図-3 間隙水圧(Pp)の増加率 (初期 σ₃'=3MPa)





図-5 接線弾性係数(Etan) (初期 σ₃'=12MPa)



ひずみ速度の関係