

三浦層群シルト岩の変形による浸透率・間隙率の変化

Permeability and porosity evolution during progressive deformation on the Miura Group siltstone

小溝 学 [1]; 谷川 亘 [2]; # 嶋本 利彦 [3]

Manabu Komizo[1]; Wataru Tanikawa[2]; # Toshihiko Shimamoto[3]

[1] 京大・理・地鉱; [2] 京大・理・地鉱; [3] 京大・院・理・地惑

[1] Geology and Mineralogy, Kyoto Univ; [2] Geology and Mineralogy, Kyoto Univ; [3] Dept. of Geol. & Mineral., Graduate School of Science, Kyoto Univ.

変形に伴う間隙の崩壊や膨張、粒子の再配列等による浸透率及び間隙率の変化を予測することは地質学・環境学・工学・地震学など多くの分野において重要である。変形にともなう流体移動をより定量的に記述するため、変形に伴う浸透率・間隙率の変化について充分信頼できる構成則を用いる必要がある。低い間隙率の岩石については変形に伴う浸透率・間隙率変化に関して、様々な研究がなされている。しかし、比較的高い間隙率(10~30%)を示す砂岩のような岩石では、変形の進行に伴い浸透率が減少する場合もあれば、増加する場合もあり、包括的なものとはなっていない。そこで本研究ではより高い間隙率(40~50%)を有する中新世三浦層群シルト岩を用いて変形実験を行い、浸透率及び間隙率について変形下における挙動を調べた。また等方圧密試験も行い三浦層群の基本的な性質を調べると同時に、同一堆積環境と考えられる南海トラフ ODP コアとの比較を行った。

三浦層群三崎層は浅い付加体堆積岩であると考えられている。三浦層群の水理特性を把握するため、全層序から試料を採取し、有効圧変化に対して浸透率・間隙率の測定を行った。その結果、浸透率・間隙率共に封圧の増加に対して減少する傾向がみられた。三浦層群砂岩の浸透率は $10^{-13} \sim 10^{-15} \text{ m}^2$ の値を示したのに対して、シルト岩は $10^{-13} \sim 10^{-17} \text{ m}^2$ の値を示し、堆積年代が古い岩石ほど低い値を示すことがわかった。また間隙率は砂岩で 63~52%、シルト岩では 50~43% を示した。間隙率の測定結果を南海トラフにおける堆積岩コアの初期間隙率のグラフにプロットしたところ、三崎層シルト岩の間隙率は同年代・同深度の南海トラフ付加体の間隙率より高い値を示した。また三崎層シルト岩と南海トラフ ODP コアについて等方圧密サイクル試験を行った結果、三浦層群シルト岩は 50 MPa までは封圧の増加・減少に対し、弾性的な挙動を示したが、50 MPa を超えたところで非弾性的な挙動を示した。一方、南海トラフ ODP コアについて行った等方圧密サイクル試験の場合、三浦層群シルト岩と異なり、すべての封圧下で非弾性的な挙動を示した。両結果を比較すると、低封圧下では三浦層群の方が封圧の増加に対する圧縮率は低い値となった。

三崎層シルト岩についてさまざまな封圧条件下で一軸変形試験を行った。その結果、低封圧下 (< 10 MPa) では差応力の急激な低下が起こる以前においては浸透率・間隙率ともに差応力の増加に対して線型的に減少し、差応力の低下後は差応力の増加に対し非線形的に変化し、増加に転じた。高い封圧下 (> 10 MPa) では、浸透率・間隙率共に降伏点までは線型的に減少したが、降伏点以降は非線型的に減少した。

ここで非弾性歪(塑性歪)が間隙率に与える影響について考察するため、実測された軸歪を弾性歪・塑性歪の成分に分離した。また間隙率についても非弾性的な変化量のみを抽出し、塑性歪に対する非弾性的な間隙率の変化をプロットした。この結果によると、塑性歪が進行する初期の段階では塑性変形による間隙率変化は増加傾向を示すが、塑性歪の進行と共に間隙率変化は減少傾向を示した。この原因として、変形初期では塑性歪の進行による膨張が卓越するが、変形が進行するに従って、粒子の再配列による圧縮の効果が卓越することが考えられる。また、土質力学の分野で用いられている cam-clay モデルより計算された降伏曲線と実験から導かれた降伏点について比較を行った。その結果、理論値では実験値よりも低い応力状態において降伏を示すことが分かった。これは cam-clay モデルが粒子同士の結合を想定しない土質分野での理論であり、土と岩石の中間の性質をもつ三崎層シルト岩では粒子間の結合の影響が現れるためであると考えられる。

以上の結果、三浦層群が南海トラフに比べて高間隙率を示す原因について考察を行ったところ、1. 圧縮率が違うこと、2. 構成物質が違うこと、3. 低封圧下での変形が進行したこと、以上3点が三浦層群の高間隙率をもたらす原因として考えられる。