

1999年集集地震震源域の浸透率構造と異常間隙圧の発達過程

Development of permeability structure and abnormal geopressure in the focal area of the 1999 Chi-Chi earthquake

谷川 亘[1], 嶋本 利彦[2], Ching-Wei Lin[3], Wen-Chi Lai[3], Wheng-Kuen Wey[4]

Wataru Tanikawa[1], Toshihiko Shimamoto[2], Ching-Wei Lin[3], Wen-Chi Lai[3], Wheng-Kuen Wey[4]

[1] 京大・理・地鉱, [2] 京大・院・理・地鉱, [3] 成功大・防災研, [4] 中国石油

[1] Geology and Mineralogy, Kyoto Univ, [2] Dept. of Geol. & Mineral., Graduate School of Science, Kyoto Univ., [3] Disaster Prevention Res, Cheng Kung Univ, [4] Chinese Petroleum Corporation

地下深部における水理定数（浸透係数・間隙率・貯留係数）を把握することは地下深部の流体の流れを定量化する上で重要である。しかし、地下深部における水理定数はいまだに詳しくわかっていない。そのため本研究では台湾中西部新第三系堆積盆地を模式地として選び、室内試験を通して地下深部における水理定数を推定することを試みた。一般的に地下深部における水理定数は室内試験で岩石に封圧をかけて深部の状態を再現することによって推定できる。しかし圧力変化による堆積岩の水理定数の変化は、堆積岩の弾性的（力学的）な圧密作用による変化を示しており、岩石を加圧圧密するだけでは時間的な圧密（圧力溶解・粒子再配列・化学的セメントーション）による水理定数の変化が評価できない。様々な堆積年代の異なる試料の浸透係数を同じ有効圧下で比較した場合、古い堆積岩ほど低い水理定数を示す。この違いは時間的な圧密の効果による水理定数の違いを表しており、その違いを系統的に調べることで時間的圧密による水理定数の変化を評価することができる。一方、異常間隙水圧（静水圧より大きい間隙水圧）が地下深部で発生している場合、室内試験による地下深部の水理定数の推定はさらに難しくなる。つまり有効圧（上載岩圧・間隙水圧）が深度に比例しないため室内試験で求めた水理定数 - 有効圧の関係をそのまま単純に水理定数 - 深度の関係に置き換えることができない。そのため異常間隙水圧が地下深部でどのように発達しているのかを把握する必要がある。本研究では室内試験で求めた浸透係数 - 有効圧・貯留係数 - 有効圧の関係と Bethke and Corbett (1988)によって導かれた1次元圧密モデルを使って台湾中西部の堆積盆地における間隙水圧の深度分布を推定した。その結果をもとに異常間隙水圧の影響を考慮した地下深部における水理定数を推定した。

台湾中西部の堆積盆地はテクトニックな衝突イベントにより古い地質体から新しい地質体まで連続的に地表に露出しており、様々な年代の試料を採取することができるため、水理定数の時間的圧密の影響を評価ができる。また深部掘削によって地下の間隙水圧（異常間隙水圧）のデータが豊富に揃っているため、そのデータと本研究で推定した間隙水圧分布を比較考察することが可能である。さらにこの地域は1999年の台湾集集地震発生した場所であり、地表で大断層が観察されることなどから、そのメカニズムの解明においても重要視される。

本研究では京都大学の変形ガス圧試験機を用いて有効圧を最大200MPaまで上げて浸透係数と間隙率の有効圧に対する変化を調べた。浸透係数の値は有効圧の増加に伴って減少し、またヒステリシスが確認された。浸透係数はシルト岩 < 砂岩 < 碓岩という関係を持ち、有効圧 200MPaにおいてそれぞれ $10^{-17} \sim 10^{-20} \text{ m}^2$, $10^{-15} \text{ m}^2 \sim 10^{-18} \text{ m}^2$, $10^{-15} \sim 10^{-17} \text{ m}^2$ を示した。また断層岩はシルト岩とほぼ同じ値を示した。一方砂岩は有効圧の増加に対してほとんど浸透係数の値が変化しないグループと有効圧の増加に伴い比較的浸透係数の減少するグループとに分かれた。一方間隙率も浸透係数同様、有効圧の増加に伴い値は減少し、ヒステリシスも確認された。200MPaで4%~8%ほど間隙率は減少し、また岩石の種類による明確な違いは見られなかった。室内試験で求めた間隙率の結果をもとに、比貯留量の値を調べた。比貯留量は有効圧の増加に伴って減少し、低有効圧下では 10^{-8} Pa^{-1} を示し、200 MPaで 10^{-10} Pa^{-1} の値を示した。また浸透係数に比べると、有効圧の増加に対して比貯留量は大きく減少しなかった。

室内試験で求めた浸透係数および比貯留量と有効圧の関係を使って、Bethke and Corbett (1988)で示された水理定数の圧力依存性を加味した1次元圧密方程式を数値解析によって解いた。その解は間隙水圧と深度の関係で示され、深度4000m付近から急に異常間隙水圧が発生し、その値は深くなるにしたがって大きくなっていた。また異常間隙水圧は浸透係数が 10^{-17} m^2 から 10^{-18} m^2 の値において発生し始めた。さらに台湾の実際のロギングデータによる間隙水圧分布とほぼ同じ傾向を示した。このことは室内試験で求めた値を使って実際の地下深部へ応用できることを示唆している。間隙水圧分布をもとに台湾における水理定数と深度の関係を導いた。異常間隙水圧が発生していないときの水理定数分布と比べると、異常間隙水圧が発生しているときに水理定数は大きくなっている、堆積岩の圧密は異常間隙水圧の発生によって妨げられることが示された。