

地質構造と水理モデリング試験装置の開発

Development of an apparatus for simultaneous modeling of geological structure and fluid flow

張 銘[1]; 竹田 幹郎[1]

Ming Zhang[1]; Mikio Takeda[1]

[1] 産総研・深部地質

[1] Research Center for Deep Geological Environments, AIST

地質構造、もしくは地層の変形をモデリングするための技術として、サンドボックス法と呼ばれるものがある。この手法は、構造地質および石油地質などの分野で唯一かつ有効な室内試験法として広く利用されてきている。しかしながら、環境保全や核廃棄物の地層処分施設の長期的な安全性評価においては、地下地質の構造のみならず、それにおける流体移動特性も同時に測定・評価することが要求されるようになってきており、従来のモデリング試験装置では以下のような点で、このような新しいニーズに応えることができない。1) 流体（地下水）の存在が地層の変形に及ぼす影響を評価することができない。実際に地下では地下水が存在し、地層の変形、特に流体移動を支配するマイクロ的構造の形成に強く影響を与える。2) 変形を受けた地層は構造的に非均質および異方性をもっている。従来のモデリング試験技術ではこれらの特性が地層の浸透流特性に及ぼす影響を評価することができない。3) 水槽を用いた従来の水理モデリング試験では均質に充填した模型地層における流体の流れ試験しかできない。実際の地層は理想的でなく、長年の地殻変動を受けたものである。特に高レベル放射性廃棄物地層処分の場合は、施設建設後でも十万年に及ぶ超長期的安全性を評価しなければならないが、地殻変動の影響を考慮した地下水移動の予測が必要不可欠となっている。

本研究では、上述した従来技術の問題点を解消し、地下水の影響を考慮できる地層の変形および浸透流の三次元モデリング試験装置を考案・開発した。この新しい試験装置の主な機能と特徴を以下に述べる。1) 土槽全体および可動載荷板の周囲は全て止水構造となっており、地下水の存在を考慮した地層変形のモデリングが可能である。2) 変形させた模型地層をその場で水平または垂直の何れの方法にも浸透流試験が実施できる。3) 土槽全体を最大 45°まで傾斜させることができ、変形試験後の模型地層を崩さずにサンプリングし、その浸透率の空間分布をも測定できる。

この新たに開発した地層変形と浸透流の同時モデリング試験装置の機能を確認するために、堆積岩を模擬した予備実験を行った。その結果、以下の知見を得ることができた。1) 模型試験試料の物性および試験の境界条件を適切に設定することによって、断層の発生パターン、断層ジャンプ距離（マイグレーション）の予測などの研究にも適用可能であると考えられる。2) 模型試験試料に無色透明な薬品を混合し、無色透明な試験流体と反応し、変色する手法を用いることにより、浸透流試験の可視化が可能である。3) 断層は地質ユニットの境界となり、その両側における地質媒体の物性は異なる可能性が高い。4) 堆積岩においては地下浅部の断層は流体の通りやすい道となるが、地下深部では逆に流体の横断しにくい境界となる可能性がある。これは大変形プロセスにおいて、堆積岩中の粘土物質若しくは微小粒子の配向と配列の変化によるものと考えられるが、更なるメカニズムの究明が必要不可欠である。