

割れ目を含む堆積岩における透水試験の測定精度に関する数値解析による検討(2)

(財)電力中央研究所 正会員 田中靖治

1. はじめに

前報¹⁾において、割れ目を含む堆積岩でルジオン試験を実施する場合に、透水係数を過大評価する可能性があることを、多数の割れ目を確率的に発生させた解析モデルを用いた数値解析により示した。本研究では、その原因等について、単一割れ目を考慮したより単純なモデルを用いた数値解析により検討を行う。

2. 解析方法

解析は、ボーリング孔を対称軸とした軸対称二次元モデルにより行った。割れ目はボーリング孔と垂直に交わり、その中心はボーリング孔上にある。解析モデルの有限要素分割を図-1に示す。計算を効率良く行うため、上下方向には割れ目面を対称とした1/2モデルとした。割れ目の厚さは1mm、透水係数は 1×10^{-2} m/s、比貯留係数は 1×10^{-6} m⁻¹とした。また、マトリクス部の透水係数は 1×10^{-8} m/s、比貯留係数は 1×10^{-5} m⁻¹とした。境界条件は、上側と右側境界は全水頭固定、左側（ボーリング孔）の試験区間以外と下側（割れ目面が存在）は不透水とした。解析には電中研の開発した有限要素法に基づく地下水流動解析コードFEGM²⁾を使用した。

3. 解析結果

まず、注水区間長を割れ目との交差点を含む1mとし、有効注水圧力1kgf/cm²（0.098MPa）で注水を続けた場合の注水流量の時系列変化を計算した。その計算結果を図-2に示す。図では、流量を定常状態での流量で除して正規化している。注水区間に割れ目を含む場合は、割れ目が無い場合に比べて、流量の減衰が遅い。特に、割れ目の半径が大きいほど、流量の減衰が遅い傾向にある。ただし、注水直後の短い時間では、割れ目の半径が小さいほど、定常状態に比べて大きな流量となる傾向もみられる。図-3には、割れ目が無い場合の解析領域下端の圧力変化を示した。水圧は注

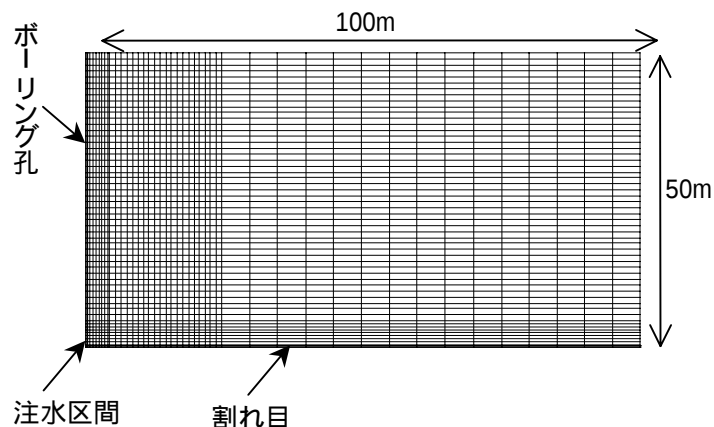


図-1 解析モデル(軸対称モデル)

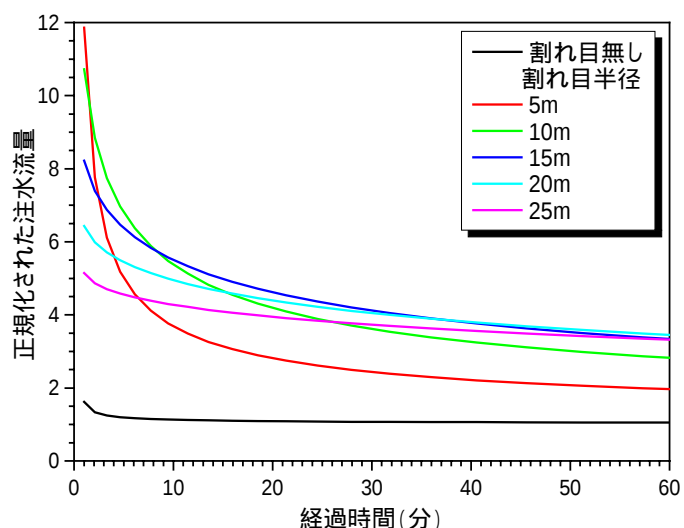


図-2 一定の圧力で注水を続けた場合の注水流量の変化(定常状態での流量で正規化)

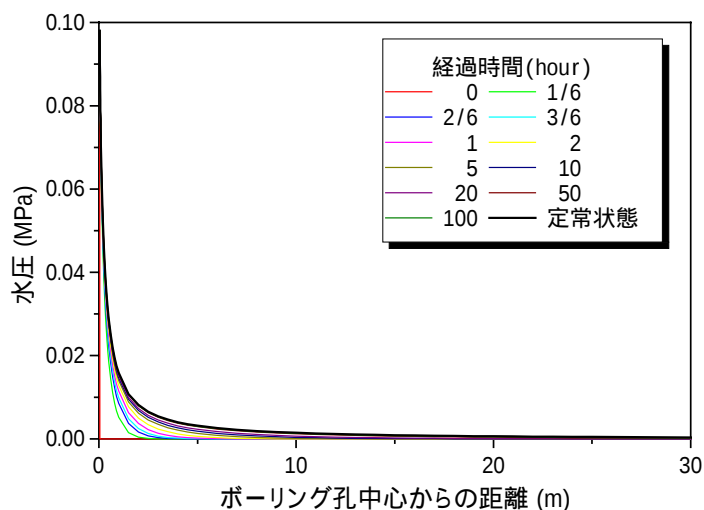


図-3 一定圧力で注水を続けた場合の下側境界上(マトリクス部)の圧力変化(割れ目が無い場合)

キーワード：ルジオンテスト、透水係数、堆積岩、割れ目、数値解析

連絡先：〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 TEL:04-7182-1181 FAX:04-7182-2243

水区間を中心としてマトリクス部内を放射状に伝播し、比較的早く定常に近づく。一方、図 - 4 には、半径 20m の割れ目がある場合の解析領域下端（20m までは割れ目面内）の圧力変化を示す。マトリクス部もある程度透水性を有するため、注入された水は割れ目内を端部に向かって流れていくとともに、その途中でマトリクス部へも流れていく。したがって、割れ目の末端まで圧力が定常状態に達するには非常に時間がかかり、その結果注水量もなかなか一定にならないものと考えられる。

続いて、ルジオン試験の数値解析を実施した。

図 - 5 には、割れ目の半径が 20m の場合の P ~ Q カーブの解析結果を示す。「ルジオンテスト技術指針・同解説」³⁾によれば、「注入量の測定時間は原則として 5 分間とするが、その間 1 分毎に注入量を測定し、変動が小さい（通常 10% 未満）ことを確認する必要がある。」とある。今回の計算条件の下では、許容変動量を 10% とした場合の P ~ Q カーブの傾きは、各圧力段階での注水を無限時間続けた場合に相当する定常状態のカーブの傾きと大きく異なる。現実には変動量を 1% まで下げた測定は難しいと思われるが、許容変動量が小さいほど定常状態に近づき、ルジオン試験の精度は向上する。

図 - 6 には、許容変動量を 10% としたルジオン試験の P ~ Q カーブの勾配から得られる透水係数（試験透水係数）と定常状態の P ~ Q カーブから得られる透水係数（定常透水係数）との比を、割れ目の半径をパラメータとして示す。注水流量の許容変動量を同じ 10% としても、割れ目の半径により試験透水係数と定常透水係数との比が異なるのは、図 - 2 の曲線において 5 分間の変動量が 10% となる正規化流量が、割れ目の半径により異なるためである。

4. まとめ

割れ目を含む堆積岩を対象としてルジオン試験を実施する場合には、測定流量の許容変動量を小さくして試験を実施することが望ましいと考える。

参考文献

1) 田中靖治、重野喜政：割れ目を含む堆積岩における透水試験の測定精度に関する数値解析による検討、第 57 回年次学術講演会、2002、2) 河西基、高レベル廃棄物処分の天然バリア性能評価手法の開発（その 1）—割れ目系岩盤中の地下水流動解析手法—、電中研研究報告 U93054、1994、3) (財)国土開発技術研究センター：ルジオンテスト技術指針・同解説、1984。

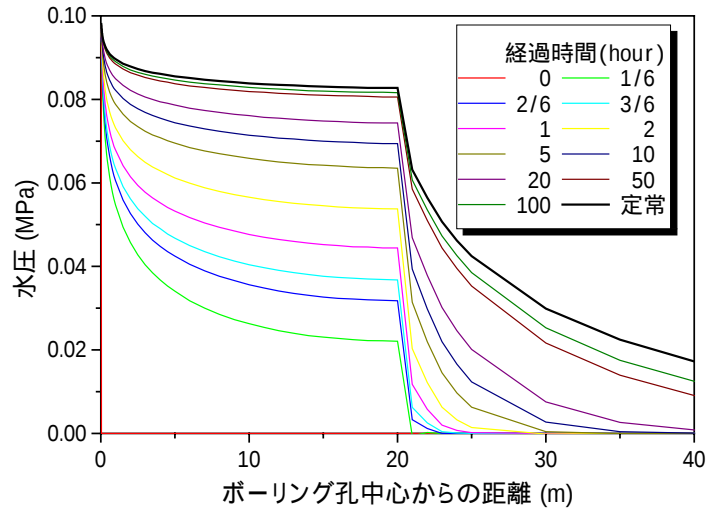


図 - 4 一定圧力で注水が続けた場合の下側境界上（20m までは割れ目面）の圧力変化

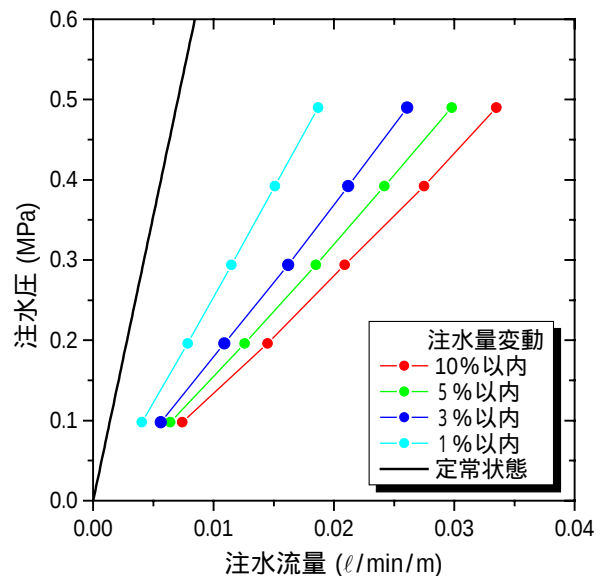


図 - 5 注水流量の許容変動量と P ~ Q カーブ（昇圧段階）の関係の例（割れ目の半径 20m）

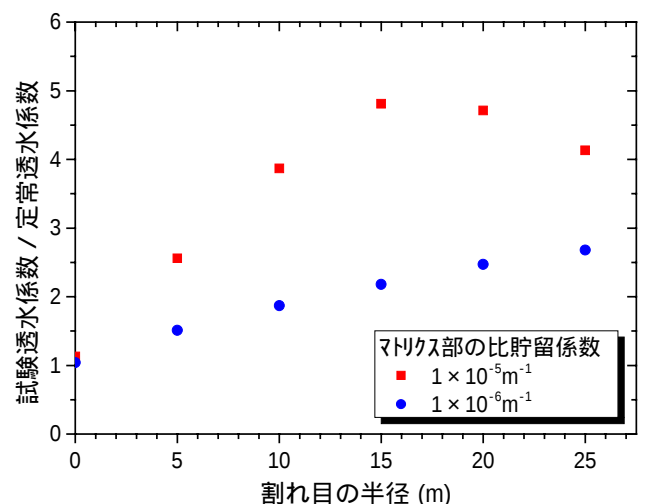


図 - 6 定常状態で得られる透水係数に対する変動量 10% のルジオン試験から得られる透水係数の比と割れ目半径との関係