

弾性波速度分散現象を用いた透水場構築手法について

Experimental study on hydraulic tomogram prediction using elastic wave velocity dispersion

吉村 公孝 [1]; 安藤 賢一 [2]; 西山 哲 [3]; 大西 有三 [4]

Kimitaka Yoshimura[1]; Kenichi Ando[2]; Satoshi Nishiyama[3]; Yuzo Ohnishi[4]

[1] 原環センター; [2] 株大林組 土技四部; [3] 京大大学院・工・都市環境; [4] 京大・工・都市環境

[1] RWMC; [2] Obayashi Corp.; [3] School of Urban and Environment Engineering, Kyoto Univ; [4] Dep. of Urban & Env. Eng., Kyoto Univ

1. はじめに

地下空間は地下発電所、石油備蓄、地下ダムなど様々な用途で利用されるようになった。地下空間の安全性や利用目的に対する適用性の評価のうち、地下水流動に関する評価は重要で、特に放射性廃棄物の地層処分事業では、地下水による放射性核種の移行に関連する地下水流動の把握、母岩の透水性と構造、さらに断層や破碎帯の位置形状、規模および透水性を知ることが重要である。従来から地表またはトンネル内からの調査において、岩盤の透水性評価にはボーリング孔を利用した透水試験などで、孔井周辺の水理場評価が行われてきたが、これらは点あるいは線の情報からの透水場構築であり、広域の透水場評価には不確実性が大きい。ここでは、弾性波トモグラフィにより、空間的な透水場を求めるために、間隙水で飽和した岩盤中を伝播する弾性波の速度分散特性を利用した手法を紹介し、花崗岩中に存在する破碎帯を含む空間の透水場構築に適用した結果を報告する。

2. 弾性波速度の分散特性と透水場の構築手法

間隙水で飽和した岩盤中を伝播する弾性波速度は、岩盤を構成する骨格と間隙水の相互作用によって波動の周波数の違いによって分散する。この現象は、周波数が低い場合には間隙水は骨格の運動に従って動くことができるため、流体部と固体部は同じ動きをする一方で、周波数が高い場合には、間隙水に働く慣性力が粘性力に比べて大きくなり、また弾性波による振動周期が短いために、流体は固体の運動に従うことができないことから、実質的に流体は間隙内に閉じ込められることになり、その結果、間隙内に閉じ込められた流体により全体の弾性率が増加し、弾性波速度が上昇するとされている¹⁾。亀裂性岩盤においては、間隙流体の動きは、弾性波の伝播方向に加え、伝播方向に垂直な流体の動き(Squirt flow)を考慮した弾性波分散現象を示している²⁾。本研究では、上記で示した弾性波速度の分散現象の周波数依存性を利用し、透水性が異なる岩盤において弾性波速度の変化の度合いが異なることに着目して、原位置計測で得られる複数の周波数領域での弾性波速度トモグラフィおよび速度差トモグラフィと透水試験を組み合わせる手法を示す。

3. 原位置試験による透水場の構築

花崗岩中に比較的高透水性の破碎帯(透水係数 $1E-8m/sec$ 程度)が狭在する場所において、原位置試験を実施した。試験には孔間距離 1.5m の 2 本の孔井を用いた。震源にはピエゾ式の震源、受振器にはハイドロフォンアレイを用い、10kHz、20kHz、40kHz の入力弾性波による計測を行った。逆解析によって各周波数の弾性波速度分布を求め、孔内透水試験のデータと速度差の相関関係から、ボーリング孔間の透水係数分布を作成した。原位置試験結果から、異なる周波数による弾性波速度差から推定した透水場は、新規孔井による透水試験から得られた透水場と整合的であり、本手法による透水場構築手法の成立性を確認した。なお、本報告は、経済産業省からの委託による「地層処分技術調査等(物理探査技術信頼性確認試験)」の成果の一部である。

(参考文献)

1) M.Biot(1956): Theory of Propagation of Elastic Waves in a Fluid-Saturated Porous Solid. .Low-Frequency Range, Reprinted from Journal of Acoustical Society of America 28, 168-178

2) J.Dvorkin & A.Nur(1993): Dynamic poroelasticity: A unified model with the squirt and the Biot mechanisms, Geophysics 58,NO.4; 524-533