

ボアホールジャッキ試験による岩盤の力学的性状評価 —等方性及び異方性弾性理論を用いた岩盤のヤング率・応力測定—

Evaluation of mechanical properties of rock masses by borehole jack test
-Measurement of Young's modulus and stress of rock masses
using isotropic and anisotropic elastic theory-



川久保昌平 Shohei KAWAKUBO *1

研究の目的

岩盤内に地下空洞を掘削する際には、空洞の力学的安定性を評価・検討するために平板載荷試験、孔内載荷試験及び初期応力測定等が実施される。しかし、一般にこれらの測定結果には大きなばらつきが伴うが、この要因としては岩盤の不均質性や力学的な異方性が考えられる。このうち後者の力学的な異方性を示す地質性状としては、節理、層理及び片理があり、これらを理論的に扱うことができれば測定のばらつきを低減し、高精度な岩盤物性や応力状態を把握できる。そこで、本論文では異方性理論を導入した孔内載荷試験法によって岩盤のヤング率及び応力を測定する手法を提案する。提案する試験法は岩盤のヤング率と応力を同時に測定することができるものであり、地下空洞掘削時の岩盤調査に有効な技術となり得る。

研究の概要

岩盤の力学的異方性を評価する試みはこれまでに幾らか行われてきた。しかし、そこでは等方性弾性理論に基づき算出されたヤング率を、方向毎に相対比較して異方性の度合いを評価しているに過ぎなかった。本論文は古典的異方性弾性理論に基づき、図-1に示す異方性岩盤モデルを対象として、多方向のヤング率を理論的に絶対評価する手法を示すものである。原位置試験の方法には、比較的簡便に行うことのできる孔内載荷試験法を採用し、その中で方向毎のデータ取得に有効なボアホールジャッキ方式を用いた(図-2)。また、岩盤に作用する応力を測定する手法としては、国内では応力解放法や水圧破碎法等が多く行われてきている。これらは実績ある手法であるものの測定コストや労力がかかるため、実施する数量には限界がある。本研究ではより低コストかつ簡便に応力を測定する手法としてヤング率測定と同じボアホールジャッキ試験器を用いて測定する新たな手法を等方性及び異方性理論により提示した。

以上2通りの原位置試験法の適用性を確認するため、本研究では室内実験及び原位置試験を重ねた。異方性ヤング率測定法では、異方性パラメータを実際の原位置試験で得られたデータを用いて逆解析した。その結果は岩石試験結果等と比較しても矛盾なく、妥当なものと判断された。応力測定法では、室内実験で測定理論が基本的に適用可能であること確認した上で原位置試験を実施した。その結果は既往の水圧破碎法による結果と類似傾向を示し、測定理論の妥当性が確認された。

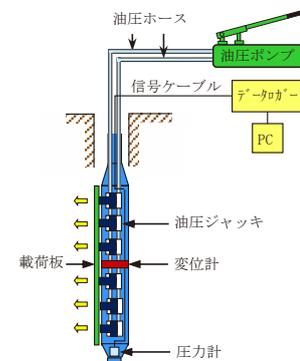
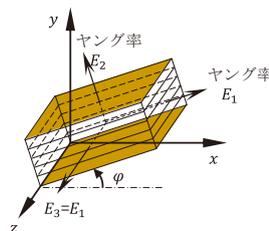


図-1 対象とする異方性岩盤 図-2 ボアホールジャッキ試験

結論

従来は原位置岩盤試験によって得られたヤング率が大きくばらついても、それらを平均して代表値とすることが多かった。しかし、孔内載荷試験に異方性理論を導入することにより、そのばらつきの一部は異方性に起因するものとして定量評価することができた。その結果、地下空洞の力学的安定性を評価する上で、岩盤の異方性を考慮した数値シミュレーションが実施できるだけでなく、ヤング率の強軸方向には支保工を厚く、弱軸方向には薄くする等、合理的かつ安全な支保工の設計・施工が可能となる。その一方で、岩盤をむやみに異方性として評価すると扱うパラメータ数が増大し、安定性検討作業が複雑化してしまうことが危惧される。本論文では、岩盤を等方性として見なすことによる利便性にも配慮し、岩盤を工学的に異方性と評価する定量的判断基準を設定した。

同一の試験によってヤング率と初期応力が同時に評価することができれば、調査に要するコストの低減や作業の高効率化が図られる。開発したボアホールジャッキ法は機動性のある原位置試験法として、施工中に適用性が高い。高レベル放射性廃棄物の地層処分事業においては、施工中や施工後において処分坑道周辺の緩み範囲(EDZ)の評価が必要となるが、この試験法で得られたヤング率と応力を指標としてこれら进行评估することが可能である。今後は緩み評価に有効な試験法であることを実証するデータを蓄積していくことが必要となる。

最後に本技術のもう一つ重要な展開先の一つとして、地上からの大深度測定への対応がある。地層処分事業における概要調査では、地上からの大深度ボーリングによる測定が求められる。そのためには、測定装置のケーブルレス化や圧力載荷機構の測定器本体への内蔵化等のハード的な改良を行っていくことが、今後の大きな課題となっている。