

III-A 402

弾性波ジオトモグラフィー・き裂頻度分布を考慮した岩盤物性の評価に関する基礎的研究

京都大学工学部 学生員 ○ 新明 克洋

京都大学大学院 正会員 谷本 親伯 岸田 潔

**1. はじめに** 孔内载荷試験で得られる力学定数は载荷地点近傍の変形特性を表したものである。地下空洞建設対象領域全てを評価するには、多数の試験を行わなければならないが、現実的には不可能である。一方、空洞掘削の数値解析を行うには、対象領域内において出来る限り実地盤の状況を反映した物性の評価が必要となる。そこで、広範囲な原位置特性を示す弾性波ジオトモグラフィー・き裂頻度分布調査結果と力学定数の比較を行い、その関係から孔内载荷試験を実施していない領域の力学定数の推定を行ってきた[1]。本研究では、推定結果の妥当性を検討するために、その結果を利用した孔内载荷試験の数値解析を行い、解析結果を弾性波速度とき裂頻度用いた分類を用いて考察した。妥当性が検証されれば、この推定値を空洞掘削の数値解析に用いることが出来ると考える。

**2. 力学定数と弾性波速度・弾性波減衰およびき裂頻度との比較** 本研究では、ボーリング孔においてGoodman型孔内载荷試験を実施し、得られた荷重～変位曲線から力学定数を求める。試験は、4サイクルの繰り返し载荷方式で行い、各サイクル毎に変形係数・弾性係数・永久変形係数を求めた[2]。

同じボーリング孔を用いて孔間弾性波探査を行い、ジオトモグラフィー法により弾性波速度および弾性波減衰の分布を求めた[3]。また、ボーリング孔壁観察によりき裂の走向・傾斜を観測し、その情報をもとにボーリング孔間のき裂頻度分布を求めた[4]。これらの結果をもとに、载荷試験の行われた地点の弾性波速度・き裂頻度及び弾性波減衰と孔内载荷試験で得られる力学定数との比較を行った[1]。

図1に、弾性波速度と変形係数の比較結果を示す。図1より、弾性波速度の大きい地点では、変形係数が大きいことが確認できる。また、き裂頻度が大きい地点の変形係数は小さいという傾向が見られた[1]。一般に言われている変形性と弾性波速度・き裂頻度の相関性を確認できた。荷重レベル毎に、変形係数と弾性波速度の関係を線形近似した。近似直線の傾きは荷重レベルが上がるにつれ大きくなる傾向が見られる。この近似した直線により、弾性波速度の値から、孔内载荷試験の行われていない地点の変形係数を推定することができる。線形近似した直線を用い、弾性波速度分布から求めたボーリング孔間の変形係数の分布を図2に示す。同様に、き裂頻度分布図からも変形係数の分布を求めることが出来る(図3)。一方、近似直線と実測値の差が大きく、相関性の低い領域も存在する。例えば、図1の線形近似した直線と実測値が大きく離れる地点は、弾性波速度の小さい地点に見られる。実測値と近似直線が大きく離れる地点は、き裂頻度の大きい地点で見られる[1]。このように近似直線から推定値を求める際には、実測値と大きく離れる領域もあり注意が必要である。

**3. 弾性波速度とき裂頻度による岩盤の分類** 近似直線から得られる推定値と実測値が大きく離れる領域の特徴を把握するために、図4に示す弾性波速度とき裂頻度による分類を用いる[1]。弾性波速度は、き裂の開口幅を反映するパラメータである。この分類で、IIの領域は、密着

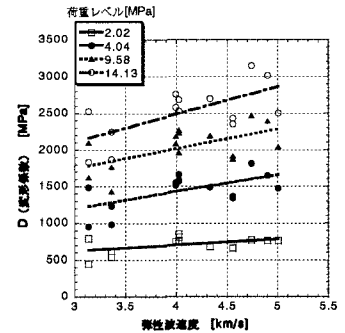


図1 変形係数と弾性波速度の関係

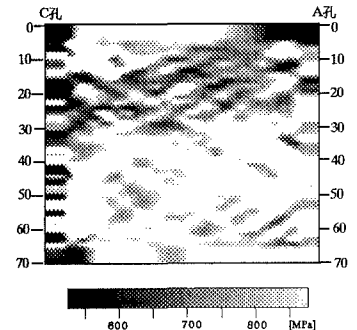


図2 弾性波速度で推定したボーリング孔間の変形係数の分布(荷重レベル2.02[MPa])

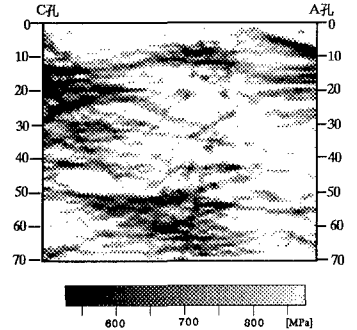


図3 き裂頻度で推定したボーリング孔間の変形係数の分布(荷重レベル2.02[MPa])

したき裂が数多く存在する領域であるということが出来る。

**4. 孔内載荷試験のシミュレーション** 推定結果の妥当性を検討するために、その結果を利用した孔内載荷試験のシミュレーションを行う。孔内載荷試験の数値解析を行うにあたり、二次元弾性有限要素法を用いた。解析領域はボーリング孔に沿って高さ2.5[m]、幅1.2[m]である。境界条件は解析領域の右端は左右方向に拘束し、解析領域の上下端は上下方向に拘束した。ジオトモグラフィーのメッシュの境目、すなわち解析領域での推定物性値の境界と載荷板の関係は様々であるが、ボーリング孔Aの深度50.45[m]の関係は図5の通りである。ジオトモグラフィーのメッシュに対しては一律に力学定数を入れることにする。要素の力学定数は比較を行った際に線形近似した直線（図1）から得られる値を用いる。載荷板には等分布荷重をかけた。載荷・除荷の繰り返しごとに、変形係数、弾性係数を変えた。荷重レベルは孔内載荷試験と同様にした。変位の値は載荷板中心で岩盤と接している地点を用いた。そして、荷重～変位曲線を求めた。その荷重～変位曲線の例を図5に示す。解析結果から得られる荷重～変位曲線から、変形係数、弾性係数を求め実測値との比較をする。解析で得られた変形係数が、どの程度実測値とばらつきがあるかを知るために解析値を実測値で除したものを岩盤分類ごとに分け、ヒストグラムにした（図7、図8）。

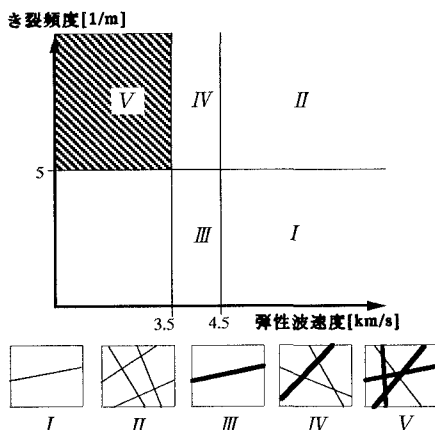


図4 き裂頻度と弾性波速度を用いた岩盤分類

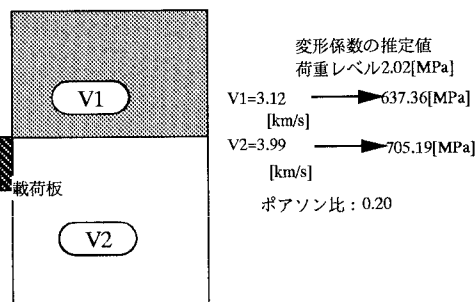


図5 孔内載荷試験の解析モデルの例(A孔50.45[m])

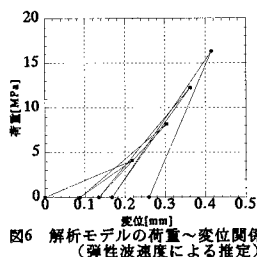


図6 解析モデルの荷重～変位関係 (弾性波速度による推定)

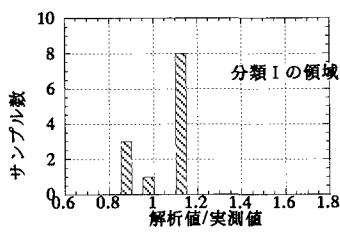


図7 変形係数を弾性波速度で推定した結果

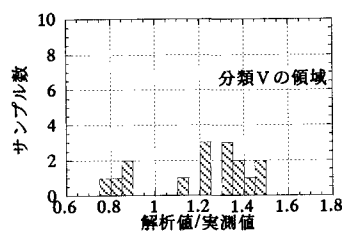


図8 変形係数を弾性波速度で推定した結果

Vに分類される領域の解析値/実測値は、他の領域に比べてばらつきが大きい。この領域では変形係数を実測値よりも大きく推定する例が多く、解析値と実測値との比が1.5を越えるような場合もある。この領域は、き裂が多く密着していない領域であり、このき裂の状態がばらつきや、変形性を小さく見積もってしまう原因であると考えられる。ここでは分類IとVの例のみを示したが、V以外の領域ではI同様に解析値/推定値は0.8～1.2の範囲に収まっており、妥当な力学定数の推定値が得られている。分類Vの地点の物性の評価には他の領域よりも、き裂の状態を詳細に考察することが必要であると考えられる。

**5. おわりに** サンプル数を増やすことにより、岩盤分類ごとの解析値/実測値のばらつき領域のさらなる把握をめざす。また、弾性波減衰と変形性や不連続面の状態の関連性を調べ、弾性波速度・き裂頻度・弾性波減衰の三つのパラメータによる、岩盤の状態の総合的な評価を行うことを目標とする。

**参考文献** [1]谷本親伯他, 関西支部年次学術講演会発表講演集, 1996(投稿中). [2]Tanimoto, C., et al., Eurock 93, pp.727-734, Balkema, 1993. [3]Tanimoto, C., et al., Proc. of the 1994 ISRM Int'l Symp., pp.195-206, 1994. [4]谷本親伯他, 第30回土質工学研究発表会発表講演集, pp.1199-1202, 1995.