

不連続面を含む材料の弾性波伝播特性

京都大学 工学部 学生員 ○片山昇司

京都大学 工学部 正会員 畠昭治郎

京都大学 工学部 正会員 谷本親伯

岩盤を基礎として建設されるダムなどの構造物を設計する際には、その岩盤の静的な変形性や強度を知る必要がある。またトンネルなどのように岩盤内に空洞を設計する際には原位置岩盤のゆるみ領域の調査が必要である。これらの測定のためによく用いられるものの一つに弾性波探査がある。この理由としては、測定が比較的簡単であることや、硬岩から土砂まで幅広く適用できること、また測線長が長いので、局部的に不均一性を持つ対象であってもその影響を軽減できることが考えられる。

しかしながら、一般に弾性波探査から得られる変形性（動的弾性係数）や強度と関係するゆるみ領域は、弾性波伝播速度の変化から総括的な指標として利用されている。P波およびS波の伝播速度から、いわば動的な現象から求められた動的弾性定数はより信頼度の高い静的な载荷試験（例えば平板载荷試験や孔内载荷試験など）により得られたものに比べ、かなり異なった値を示すことが広く知られている。したがって動的な弾性波探査は、特に設計者の立場からは定性的な評価として受け取られており、定量的に力学定数を反映しているとはみなされていないのが現状である。そこで弾性波探査により得られた結果を、より定量的に評価することを目的として研究を行なった。

岩盤は岩石内部の微小クラックから岩盤全体に及ぶ大きな断層まで多くの空隙や割れ目を持っている。そして大小様々の数多くの岩塊が、その不連続面で複雑に接触し合って岩盤を形成している。このため、岩盤の性質は岩石自身の性質と不連続面の性質が複合したものと考えられる。本研究では自然状態の不連続面を持つ供試体を用いて、不連続面の閉合と弾性波伝播挙動（P波速度、振幅、周波数）との関係を実験的に調べた。

使用した供試体は、大鳴門橋下部工大毛工区にて採取した砂岩と名塩トンネルより得た流紋岩で、直径50mmの岩石柱の中から自然状態で、約100mmの長さ中に一つだけ不連続面を持つものを選んだ。また今回の試験では、不連続面の垂直変形の挙動を観測することを目的としたので、不連続面が端面と平行に近くて、垂直载荷した際にせん断が起らないと思われるものを選んだ。

垂直载荷による供試体全体の垂直方向の変形量を測定するためにブリッジ形の変位計を図1のように供試体にネジ止めし、4測定点での変形量を求めた。この測定値から、図2のように各測定点の上下に合計8枚のひずみゲージを接着することにより得られた、岩石実質部分のひずみを差し引くことによって、不連続面の垂直方向の変形量とした。

一軸垂直载荷は油圧ポンプ及び油圧ラムで、垂直応力が0～50 kgf/cm²の範囲で行った。

超音波試験はパルスジェネレータにより、供試体端面に接着した発振子を振動させ弾性波を発生さ

せて、供試体中を伝播してきた弾性波をもう一方の端面に接着した受振子で受振し、オシロスコープで波動の伝播時間、振幅及び周波数の観測を行なった。ここで入力波の周波数は、観測波形の最も安定する60Hzを用いた。また振幅及び周波数については、不連続面を含む供試体を採取した地点のごく近傍の、不連続面を持たない供試体について同様の超音波試験を実施し、その結果得られる波形の振幅及び周波数との比をとり、その変化を調べた。

測定結果の一部を示したものが図3、図4である。図3は二個の流紋岩供試体の不連続面の垂直変形量とP波速度の関係を表している。また図4は、同じく流紋岩供試体の不連続面の垂直変形量と振幅比の関係を表している。

以上の研究により得た結果を以下に示す。

1) 不連続面の垂直方向の载荷による変形は、垂直応力の増加とともに増大し最大閉合量へと漸近していく。その変形量と最大閉合量は、不連続面の粗度、かみ合わせに影響される。

2) 不連続面を通過するP波伝播速度は、垂直応力が増加し、閉合が進むにつれて増加する。その後、閉合の途中で変化が見られなくなり、一定値を示すようになる。

3) 弾性波が不連続面を通過する際、波動の振幅に減衰が見られる。減衰の割合は垂直応力が大きくなり、閉合が進むにつれて小さくなる。

4) 周波数の高い波動は、不連続面による減衰が激しい傾向がみられる。逆に周波数が低く、波長の長い波動は比較的減衰が少ない。

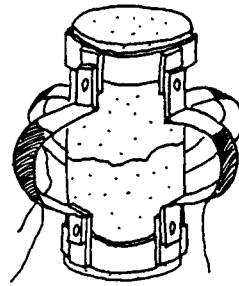


図1 変位計

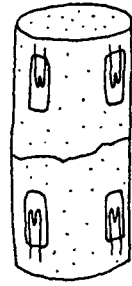


図2 ひずみゲージ

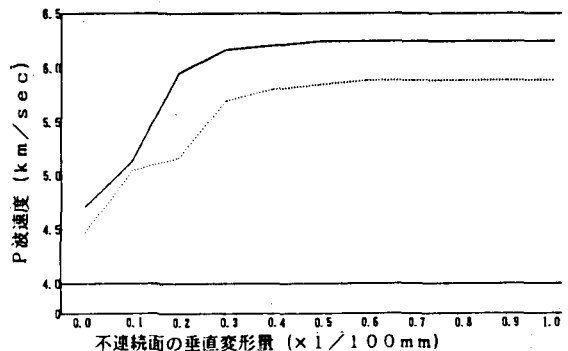


図3 不連続面の閉合とP波速度

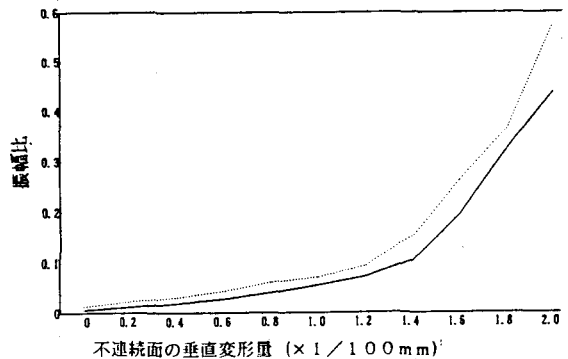


図4 不連続面の閉合と振幅比