

III-346 岩盤中を伝播する弾性波の周波数と 見かけ上の速度について

中電技術コンサルタント 正会員○清水光男
(株)間組 技術研究所 正会員 蓮井昭則
山口大学 工学部 正会員 中川浩二

1. はじめに

岩盤中を伝播する弾性波の速度に影響を及ぼす要因としては、岩石の力学的特性、応力、亀裂や水の状態などが挙げられるが、同一の伝播経路であれば弾性波速度は唯一と考えることができる。しかし、測定条件などによっては弾性波速度が見かけ上異なる可能性が考えられ、筆者らにおいても、同じ岩盤でも高周波の波動を用いた原位置弾性波測定と地質調査で用いられている測定(地表探査、屈折波法)で弾性波速度が異なるという結果が得られている。このような状況のもと、筆者らは弾性波波動の見かけ上の速度が異なる原因の1つとして、波動が受振器に真に到達してから計測システム上で到達が確認されるまでに、波動の周波数レベルに依存する時間的な差が発生していると考えた。そして、測定される弾性波波動の周波数による見かけ上の速度差を明らかにするために、自然岩盤を用いた実験を行い、検討を加えた。

2. 実験概要

実験に用いた試験体は山口県宇部市の採石場内に高さ1m、幅数mにわたって露頭したけつ岩を主体とする自然岩盤(写真-1参照)で、弾性波の測線に対して約45度の角度で一部に薄い粘土層を有する開口幅2mm以下の不連続面が多数存在している。実験における弾性波の発振および受振位置を図-1に示す。受振器はDC～十数kHz程度の波動を平滑に測定できる圧電型加速度計(共振周波数30kHz)を使用し、露頭表面に1m間隔で石こうを用いて3点(受振点1～3)設置した。また、測線の延長上に発振点を設け、ロックシュミットハンマにより打撃を加えて振源とし、発振点に最も近い受振点1の波動をトリガとして用いた。測定は受振点1～3で受振された波動をアンプを通してデータレコーダに原波動としてアナログ記録した。さらに、同一の波動を異なる特性をもつ受振器で測定した場合を模擬し、その原波動記録からバンドパスフィルタ装置を用いて①10kHz～6kHz、②5kHz～1kHz、③1kHz～600Hz、④500Hz～300Hz、⑤100Hz～60Hzの周波数成分の波動(選出波動)をとりだし、立ち上がり時間を測定した。

3. 実験結果および考察

受振点2で計測された原波動から各周波数成分別に得られた選出波動およびスペクトル分析例を図-2に示す。各周波数成分毎に分離された波動は、周波数が低下するに伴い立ち上がりも遅くな

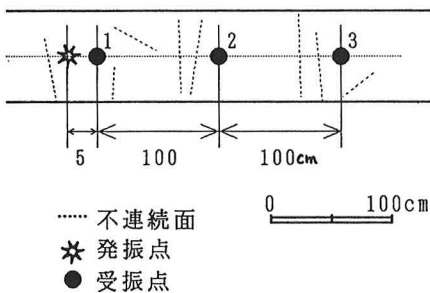


図-1 発振・受振位置



写真-1 実験に用いた露頭岩盤

っているのがわかる。受振点1～2間の各周波数成分での走行時間差、および両方とも同じ周波数成分の波動で受振点2～3間の走行時間差を整理した結果を図-3に示す。ここに、横軸は受振点2で得られた選出波動の初動波形から求めた初動の近似周波数である。受振点1～2間における見かけ上の走行時間は波動の周波数によって大きな影響を受けており、フィルタ装置など測定システムによる時間誤差がないものと仮定すると、見かけ上の走行時間は周波数の対数と反比例関係にあると考えられる。また、両方とも同じ周波数成分の波動で整理した受振点2～3間の走行時間では、バラツキはあるものの各周波数成分における走行時間は平均的にみると一定である。このことは発振側も受振側も同じ周波数で整理すると、常に一定の走行時間が得られることを示している。

このように走行時間に差が生じる原因として、弾性波波動受振器に真に到達してから計測システム上で到達が確認されるまでにシステムの能力、S/N比や波動の立ち上がり方などによる時間的な誤差¹⁾（遅れ時間と呼ぶ）が考えられる。測定システムやノイズ条件が同一の場合、この遅れ時間は波動の立ち上がり方と相関を持ち、高周波波動の場合には遅れ時間は小さく、低周波波動の場合では遅れ時間が大きくなって現れる。弾性波の見かけ上の走行時間は真の到達時間にこの遅れ時間が加算されるため、周波数によりみかけ上の変化が生じる。また、同じ周波数であれば遅れ時間はほぼ同様であると考えられることができるため、同じ周波数で整理した場合には遅れ時間の影響が消去されることになる。

4. あとがき

本研究では弾性波P波速度の波動の周波数による見かけ上の変化について自然岩盤を用いた実験を行い、その結果、遅れ時間は受振される波動の周波数に依存し、周波数の対数値に対し反比例の関係にあることなどが判明した。高周波数の弾性波を用いて高精度に測定し、岩盤を地山区分などと比較して定量的に評価する場合には、周波数による見かけ上の変化を考慮しなければならないと思われる。一方、見かけ上の走行時間にはノイズや振幅の大きさなどの要因、また、岩盤では亀裂等の不連続面の影響などが混在しており、それらの影響についての検討は今後の課題である。最後に、本実験に際し貴重な御助言、御協力を戴いた山口大学工学部建設工学科の学生諸氏に謝謝の意を表します。

参考文献

- 1) 蓮井、清水、中川：岩盤中を伝播する弾性波の周波数による見かけ上の速度変化について、第24回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集、pp. 469-473、1992

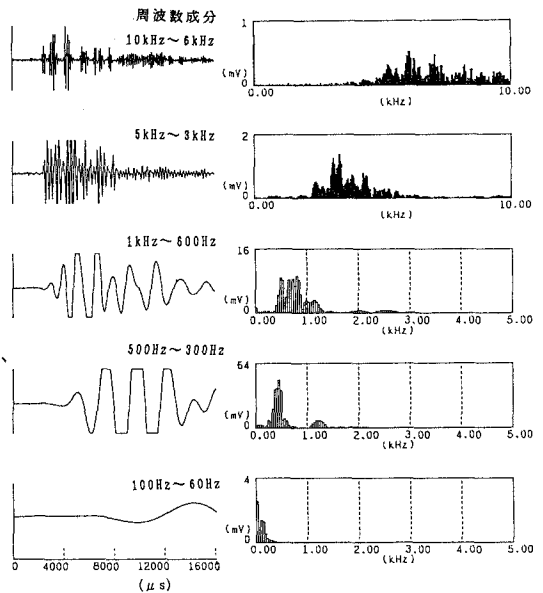


図-2 選出波動の波形、スペクトル分析例

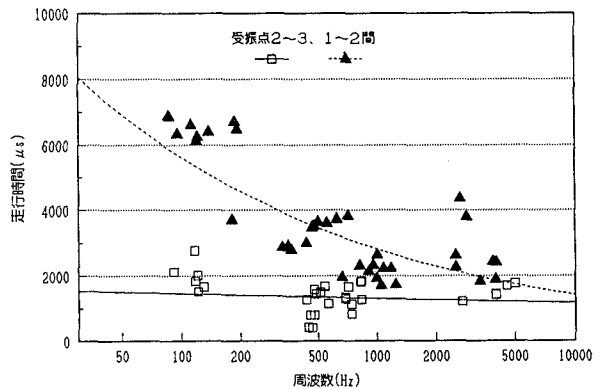


図-3 初動の近似周波数と走行時間の関係