

弾性波伝播特性と岩盤内の不連続性との関係

京都大学工学部 正会員 島 昭彦
 京都大学工学部 正会員 谷本 親伯
 三井建設(株) 正会員 関口 昇

1. まえがき 不連続面を有する岩盤内の弾性波伝播特性にかかわるパラメータとして図-1に示すように、き裂頻度 n 、き裂幅 b 、波動の振幅 A 、不連続面での接触応力 P_c 、き裂の含水量 w 、不連続面による速度変化率(割れ目指数¹⁾) k があげられる。これらの一部についてはすでに現場測定に関する検討や室内実験の結果を公表しているが²⁾、本研究ではさらに詳しく弾性波伝播速度(主としてP波) V_p とそれぞれのパラメータとの関係を、室内実験により明らかにしようとしたものである。

2. 供試体と実験方法 き裂頻度(岩盤1mあたりに存在するき裂数)と弾性波伝播特性との関係を検討するために、石膏を用いた円柱供試体を作成した。水石膏比は1/1.5に統一し、端面を1/100mm以下の精度で滑らかに整形した後、含水率、一軸圧縮強度、弾性波速度が十分安定するまで養生を行った。き裂はこれらの供試体を重ね合わせて表現する。また岩石供試体には流紋岩、花崗岩、閃緑岩を用い、すべての供試体の端面を1/100mm以下の精度で滑らかに整形した。さらに不連続面におけるき裂内充填物をろ紙にて表現した。実験装置の概略を図-2に示す。発振・受振子にはピエゾ素子を用い、供試体の端面に接着剤で固着した。またパルスジェネレータから発振される電気パルスの周波数は最も安定した波形が得られる400Hzとした。なお本研究で扱う振幅とは波動の最大振幅をいう。

3. 実験結果と考察 (1) 伝播速度比(割れ目指数) k 、振幅比 A/A_0 とき裂頻度 n との関係を図-3に示す。ここに A_0 はき裂を含まない供試体の振幅を表わす。これによるとき裂頻度の増加に伴い伝播速度は変化しない。これは供試体の端面を十分に滑らかに(1/100mm以

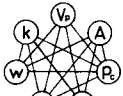


図-1 弾性波伝播特性にかかわるパラメータ

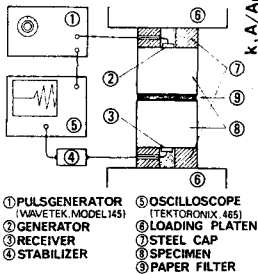


図-2 実験装置概略

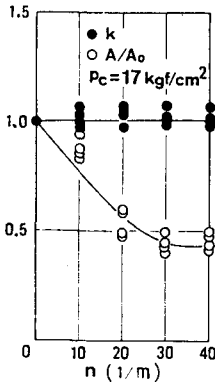


図-3 き裂頻度と速度比(割れ目指数), 振幅比

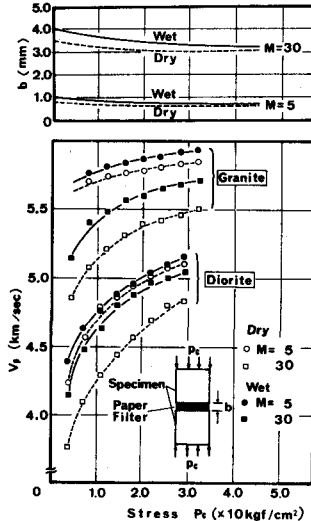


図-4 弾性波速度と接触応力, き裂幅

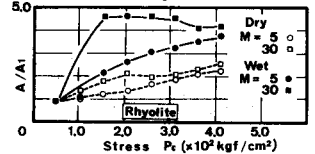


図-5 接触応力と振幅変化率

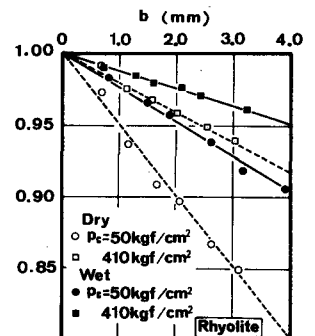


図-6 速度比(割れ目指数)とき裂頻度

下)整形したため、波動が不連続面にほとんど影響されず直進し伝播時間の遅れがなかったと考えられる。しかし実際の不連続面はある幅をもち伝播経路が迂回するので、伝播速度はき裂頻度の増加に伴いかなり低下すると考えられる。一方振幅は不連続面の接触面積に関係しているので、き裂頻度の増加に伴い著しく減衰する。き裂頻度 30 (本/m) で振幅は約 $1/2$ に減衰する。

(2) 伝播速度 V_p , 振幅変化率 A/A_1 と接触応力 P_c の関係を図-4, 図-5 に示す。ここに A_1 は接触応力 50 kgf/cm^2 のときの振幅である。岩石供試体間に挿入するろ紙は乾燥状態または湿潤状態とし、 M はその枚数を示す。またき裂幅 b と接触応力 P_c の関係を図-4 の上部に示す。これによると伝播速度は接触応力の増加とともに増大し、応力レベルが低い程その増加率は大きい。さらにき裂幅が大きい程その傾向は著しい。またき裂内が湿潤状態であると速度は大きい。これはろ紙内の空隙が応力の増加とともに閉塞し、伝播経路が著しく変化するためと考えられる。一方振幅も接触応力の増加とともに増大する傾向にあり、その増加率はき裂幅が大きい程、またき裂内が湿潤状態である方が大きい。

(3) 伝播速度比 (割れ目指数) k , 振幅比 A/A_0 とき裂幅 b の関係を図-6, 図-7 に示す。これによると伝播速度はき裂幅の増加に伴い直線的に

低下し、応力レベルが低い程、またき裂内が湿潤状態である方がき裂幅に影響されやすい。一方振幅もき裂幅の増加に伴い減衰する。特にき裂幅が小さい範囲で減衰は著しく、乾燥ろ紙の場合約 0.6 mm 、湿潤ろ紙の場合約 2.0 mm まですぐに減衰し、それ以上のき裂幅の増加に対してはいずれも緩やかに減衰する。また接触応力が小さい程減衰は著しい。

(4) 伝播経路と伝播時間との関係を知るために、図-8 に示すように伝播経路が一直線にならないようなスリットを設けた石膏供試体を作成した。ここで L_a を見かけの伝播距離、 L_r を真の伝播距離、 t を伝播時間とし、見かけの伝播距離 L_a に対する伝播時間 t と真の伝播距離 L_r との関係を検討した。その結果を図-9 に示す。真の伝播距離 L_r を破線で表わす。これによると伝播時間の変化は真の伝播距離の変化によく対応している。つまり不連続面における伝播時間の増加は伝播距離の増加に因る。したがって不連続面を多く含む岩盤において弾性波伝播特性を論ずる際、波動の伝播経路についても考慮する必要がある。

4. まとめ 岩盤内の不連続面による弾性波速度の低下は伝播経路の迂回に因り、また振幅の減衰は接触面積の減少による。したがって不連続面の影響は速度より振幅に著しく現われる。また不連続面における接触応力や含水の存在は、伝播速度および振幅を増大させる要因として作用する。

参考文献 1) 池田和孝: 割れ目岩盤の性状および強度, 応用地質, 20巻, 4号, pp.158-170, 1979

2) 尾谷本・西原・刈谷・岸田: 和泉層の崩壊現象, 第13回岩盤工学に関するシンポジウム講演論文集, pp.106-110, 1980

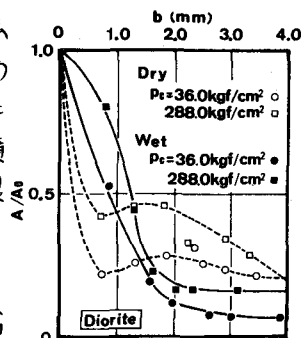


図-7 振幅比とき裂幅

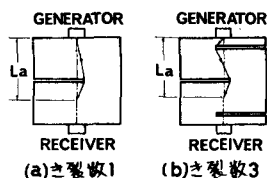


図-8 き裂と伝播経路

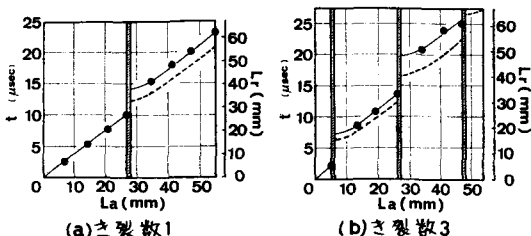


図-9 供試体における走時曲線