

III-32

乾燥に伴う超音波伝播速度特性

九州産業大学 工学部 正会員 石堂 稔 学生員。竹平敬一郎
九州電力(株) 総合研究所 正会員 赤司六哉 正会員 川畑清一郎

1. はじめに

超音波伝播速度は非破壊の状態で測定できる利点があり、岩石の基本的特性値として数多くの試験が行なわれている。この超音波伝播速度は含有水分に左右されるといわれており、測定時の供試体の状態によっては試験値が変化することが考えられる。測定は自然状態とか飽和状態等、目的に応じて行なわれるのが望ましいのであるが、不用意になされている場合が比較的多いようである。そこで筆者等は九州各地の各種岩石を採取し(図-1参照)、それらの岩石供試体を室内で自然乾燥のまま約3箇月間にわたり乾燥させながら、含有水分の変化による超音波伝播速度を測定した。その後、さらに乾燥炉による強制乾燥後も測定した。なお、含有水分による強度の変化を調べるために一軸圧縮試験も合わせて実施した。

2. 試験方法

超音波伝播速度の測定に使った振動子は共振周波数50kHzで、供試体(直径5cm, 高さ10cm)両端面に送受信子を密着させて行なうパルス透過法で実施した。供試体は約一箇月間水浸させた後、室内で自然に乾燥させながら超音波伝播速度と湿潤重量を測定し、湿潤重量が一定となる状態を確認した後に炉乾燥で強制的に乾燥させ、再度、超音波伝播速度、湿潤密度、一軸圧縮試験を行なった。なお、測定に人為的誤差が入るのを防ぐために、同一人間で試験した。

3. 試験結果

供試体の岩種は火山岩5種、堆積岩5種、変成岩1種の14供試体である。表-1に岩種を吸水率の小さい方から順に並べ、超音波伝播速度の初期値、最大変動時の値、最大変動時の速度比を示した。ここで速度比とは乾燥により超音波伝播速度が変動した時の最大値または最小値を初期値で割ったものである。図-2は経過日数によって超音波伝播速度が変化する過程を3つのパターンに分けて示した。表-1より吸水率が6%以下の11種の岩の速度比を平均すると、 V_p は95%, V_s は100.2%となり、 V_p が水分の影響を受けやすいといわれているが、吸水率の小さい硬い岩にもいえるようである。一方、吸水率の大きい凝灰角礫岩や軽石の速度比は V_p , V_s ともに大きく変化している。図

表-1 超音波伝播速度試験結果一覧表

供試体番号	岩種名	吸水率 (%)	乾燥に伴う超音波伝播速度					
			初期値		最大変動時の値		最大変動時の速度比	
			V_p (m/s)	V_s (m/s)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	V_p (%)	V_s (%)
①	砂岩	0	5.86	3.69	5.73	3.57	97.8	96.7
②	チャート	0	5.70	3.56	5.76	3.65	101.1	102.5
③	玢岩	0.20	5.67	3.38	5.58	3.44	97.3	101.8
④	結晶片岩	0.25	5.00	3.17	4.50	3.29	90.0	103.8
⑤	花崗岩	0.75	5.45	3.30	4.99	3.31	91.6	100.3
⑥	玄武岩	0.79	5.40	3.25	5.29	3.11	98.0	95.7
⑦	アプライト	1.29	4.06	3.00	4.00	2.71	98.5	90.3
⑧	輝石安山岩	2.10	5.29	3.10	5.02	3.30	95.5	106.5
⑨	"	2.51	5.08	2.99	4.66	2.97	91.7	99.3
⑩	砂岩	3.76	2.92	1.96	2.60	2.00	89.0	102.0
⑪	凝灰角礫岩	5.84	3.66	2.36	3.52	2.44	96.2	103.4
⑫	砂岩	8.20	2.45	1.24	1.71	1.16	69.8	93.5
⑬	凝灰角礫岩	12.87	3.45	2.26	1.81	1.19	52.5	52.7
⑭	軽石	67.19	1.90	1.37	2.31	1.63	121.6	119.0

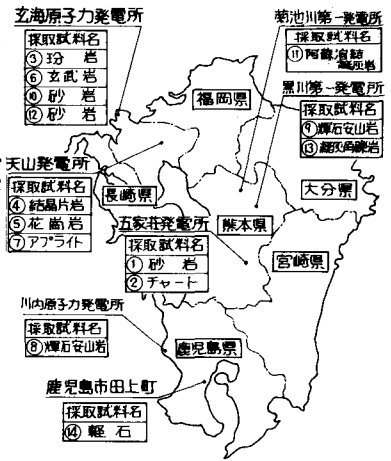


図-1 試料採取位置図

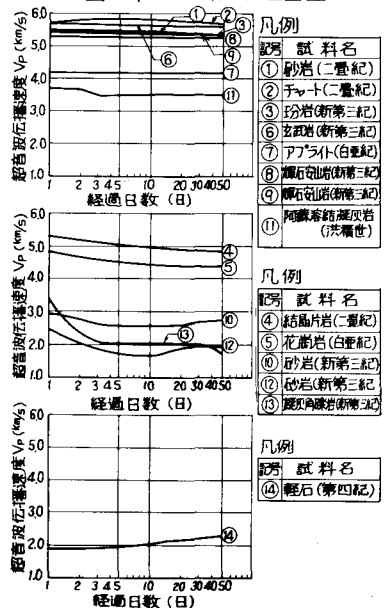


図-2 超音波伝播速度 V と経過日数の関係

-2は V_p の速度比が95%以上と以下に分け、さらに95%以下は速度比の傾向が減少するものと増加するものと分けた。これら3つに分類された岩の代表例として②チャート、⑫砂岩および⑭軽石の経過日数に対する V_p 、 V_s の速度変化と湿潤密度を図-3に示す。

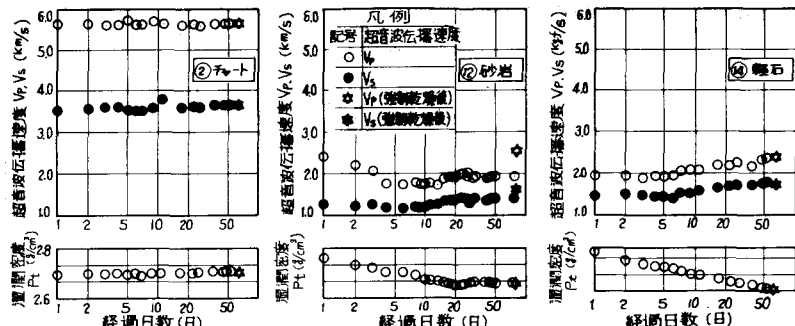


図-3 超音波伝播速度 V_p 、 V_s 湿潤密度と経過日数の関係

す。チャートのように吸水率0%の硬い岩は室内で自然乾燥しても湿潤密度はほとんど一定で V_p 、 V_s の値も変化しない。吸水率が8.2%の砂岩は、湿潤密度は徐々に小さくなっていくが、 V_p 、 V_s の値は経過日数5日目頃に最低値を示しそれ以後20日目までは湿潤密度が小さくなっているにもかかわらず V_p 、 V_s 共に速くなって湿潤密度が一定となる20日以後になって V_p 、 V_s は変化しなくなる。湿潤密度が大きく変化して小さくなる軽石は V_p 、 V_s 共に速くなっている。これらの現象の考察としては、飽和側では空隙水による置換効果と考えられ、乾燥するにつれて空隙を満たしていた水分が少なくなり、水と空気の実体となり置換効果が減少し、乾燥側になると水の表面張力による骨格拘束の効果が現れる現象と考えられる。以上の述べた事は結果をミクロ的にみたものであるが、伝播速度の測定にはかなり誤差が入ることが考えられるので、試験供試体の取り扱いという観点からもうすこしまクロ的にみるため速度比の最大値あるいは最低値と吸水率の関係を V_p についてプロットしたのが図-4である。

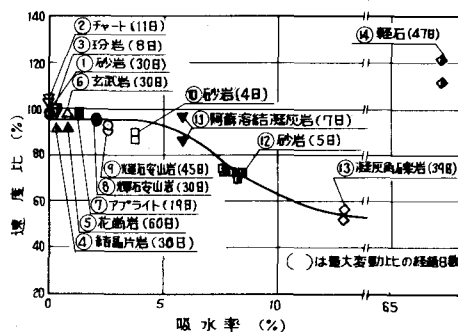


図-4 速度比と吸水率の関係

ある。吸水率が3%以下の岩は、花崗岩のように60日も自然放置しても変わらない岩もあり速度比の変化はほとんどないと考えてよい。3~6%の間では速度比は若干小さくなり6%以上になると速度比は急に小さくなる傾向を示している。すなわち、供試体を保管する時、吸水率が3%以下の岩は特に注意を必要としないが、吸水率がそれ以上の供試体は現場の状態、設計条件等を考慮した保管体制、試験の時期を考える必要がある。図-5は一軸圧縮強度が水浸後、自然乾燥後、強制乾燥後とどのように変化するかを示している。供試体の本数が少なく、岩のばらつきの評価を考えると定量的にはいえないが、水浸後と自然乾燥後は全試料ほとんど変わらないが、自然乾燥後と強制乾燥後と比較すると珉岩、輝石安山岩、結晶片岩、⑩砂岩、阿蘇溶結凝灰岩は強制乾燥により一軸圧縮強度が大きくなるのに他の岩はほとんど変わらない。

4. まとめ

- (1) 今回試験した岩の含有水分と超音波伝播速度の関係は水分が変化しても速度が変わらない岩とある含有水分で速度が速くなる岩及び水分が少くなればなるほど速度が速くなる岩との3つのケースに分けられる。
- (2) 吸水率が3%以下の岩の超音波伝播速度は自然状態ではほとんど変化しない。吸水率が3%を越すに従い、徐々に速度比は小さくなる。
- (3) 今回の試験結果から、今後、超音波伝播速度試験を行なう時に留意すべき事項としては、供試体の保管状態、試験時期等について試験目的を考慮して決める必要があることがあげられる。

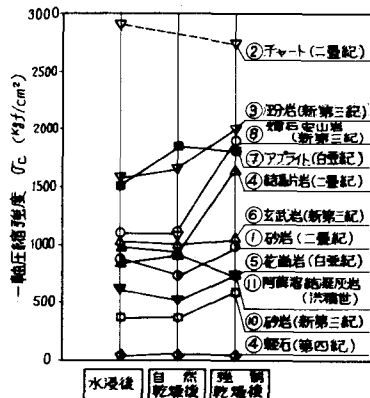


図-5 一軸圧縮強度と水浸後、自然乾燥後、強制乾燥後の関係