となる. bulk modulus $K = \lambda + \frac{2}{3}\mu$ には降伏がない

ものとする (10) より

$$-P_p = K\Delta_p + \frac{8}{3}\mu'(w_p - w_e) + \frac{8}{3}\mu w_e \quad (13)$$

ここに μ' は降伏点以上の Lamé の常数とする. これらの式を (4) に代入して

$$\left| \frac{\partial u_e}{\partial t} - c \right| = (1 + \Delta_e) \times \sqrt{\frac{1}{\rho_0} \left(K + \frac{8}{3}\mu' \frac{w_p - w_e}{\Delta_p - \Delta_e} \right)} \quad (14)$$

となる. しかるに

$$\left. \begin{aligned} w_p &= \frac{1}{2} \left(u_p' - \frac{u_p}{r} \right), \quad \Delta_p = u_p' + \frac{2u_p}{r} \\ w_e &= \frac{1}{2} \left(u_e' - \frac{u_e}{r} \right), \quad \Delta_e = u_e' + \frac{2u_e}{r} \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

であるから

$$\frac{w_p - w_e}{\Delta_p - \Delta_e} = \frac{1}{2} \frac{r(u_p' - u_e') - (u_p - u_e)}{r(u_p' - u_e') + 2(u_p - u_e)} \quad (16)$$

しかるに境界面では変位のずれがないから, $u_p = u_e$ (但し $u_p' \neq u_e'$) である. 故に (14) は (16) から

$$\left| \frac{\partial u_e}{\partial t} - c \right| = (1 + \Delta_e) \times \sqrt{\frac{1}{\rho_0} \left(K + \frac{4}{3}\mu' \right)} = (1 + \Delta_e) c_p \quad (17)$$

$$c_p = \sqrt{\frac{1}{\rho_0} \left(K + \frac{4}{3}\mu' \right)} \quad (18)$$

となる. ここに c_p は塑性波の位相速度である. 故に境界面の伝播速度 c は

$$c = c_p(1 + \Delta_e) + \frac{\partial u_e}{\partial t} \quad (19)$$

となる. すなわち, 弾性・塑性境界面は移動するが, その伝播速度は塑性波の位相速度とは少し異なり, 弾性波の境界面近くの物質速度及び dilatation を知ることによつて求めることができる.

なお塑性波の位相速度 c_p は (18) で与えられるが, (19) 及び (7), (8) により

$$c_p = \frac{V_e}{1 + \Delta_e} = \frac{V_p}{1 + \Delta_p}$$

とかけるから, 弾性または塑性領域における dilatation 及び物質の相対速度を知ることによつて求め

られる.

参考文献

- 1) KOLSKY, H.: Stress waves in solids, Oxford at the Clarendon press (1953).

岩石の動力学的性質に及ぼす温度と湿度の影響について

岐阜大学工学部物理教室

片岡明雄・小栗幹男

(昭和 34 年 1 月 22 日受理)

Effects of Humidity and Temperature on Dynamic Properties of Rocks.

Akeo KATAOKA and Mikio OGURI

(Received Jan. 22, 1959)

1. ま え が き

前報¹⁾の一部で大理石と花崗岩との内部摩擦及びヤング率が, 温度, 湿度の影響をかなり受けることについて述べた. ここには, その後恒温・恒湿槽を改良して測定した結果を報告する.

2. 実 験

実験方法は前報と同様であつて, 棒状試料を電磁的に撓み横振動 (600~800 C. P. S.) させて共振曲線を求め, これから固有振動数 f 及び内部摩擦 Q^{-1} を決めた.

実験の手順は, 先ず試料と装置の一部分とを入れた恒湿槽内の温度を一定に保ち (変動は $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 以内) 槽内の容器に濃硫酸を入れて十分乾燥状態にする. その後 1~2 日目毎に硫酸の濃度をうすめて相

Table 1. Rock specimens used for the experiments.

Kind of rock	Size (cm) Width·Thickness·Length	Density	Location
Marble	$2.72 \times 1.05 \times 25.5$	2.73	Mito Ibaragi Pref.
Granite	$2.70 \times 1.03 \times 25.2$	2.68	Kitakijima Okayama Pref.

対湿度を約5%程度ずつ増加させながら測定を繰返し行なった。なお内部の温度、湿度を一様に保つために槽内の空気、硫酸溶液を常時小型モーターで攪拌した。

試料についてのデータは Table 1 に示す。

3. 実験結果

実験結果を Fig. 1, Fig. 2 に示す。本実験での

Fig. 1. Internal friction (Q^{-1}) and resonant frequency (f) vs relative humidity for marble at various temperatures.

Fig. 2. Internal friction (Q^{-1}) and resonant frequency (f) vs relative humidity for granite at various temperatures.

湿度の増加速度は前述の通りであるが、湿度を5%程度増加させてから2~3時間後の測定値と数日後の測定値との違いは測定誤差以内であるので、湿度の変化する速さが相当変つてもほぼ同様の結果が得

Fig. 3. Internal friction and longitudinal wave velocity vs temperature for marble, at various relative humidities.

Fig. 4. Internal friction and longitudinal wave velocity vs temperature for granite, at various relative humidities.

られよう。湿度による Q^{-1} , f (縦波伝播速度についても同様) の値の変化は本実験の温度域では、大理石では夫々約 5 倍, 1.4% であり, 花崗岩では約 2.5 倍, 5% 程度である。

一定湿度で温度を変化させた場合の様子を見るために Fig. 1, Fig. 2 の一定湿度に対応する測定値を目盛り直したものが Fig. 3, Fig. 4 である。これらの図の縦波速度 V は次のようにして決めた。

共振周波数の測定値 f を用いてヤング率 E を次の式で計算する。

$$E = \frac{48\pi^2 l^4 \rho}{m^4 h^2} f^2$$

ここで, m は振動様式によつて決まる定数であつて, この場合 $m = 4.730$ であり, l は試料の長さ, h は厚さ, ρ は密度である。

縦波速度 V はこの E の値を用いて次の式で求めた。

$$V = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{1-\mu}{(1+\mu)(1-2\mu)}}$$

ここで, ポアソン比 μ の値は 0.2 と仮定した。

共振周波数に廻転の慣性効果等の補正を行えば V の値は上に得た値より約 1.8% 増加する。

Fig. 3, Fig. 4 において縦波速度の温度により変化する様子が大理石と花崗岩とでは少し異なっている。しかし湿度を一定にして温度を変化させた別の実験においてもおおむね同様な傾向が認められた。本実験の温度範囲 $24 \sim 44^\circ\text{C}$ では V の値に大理石で約 8%, 花崗岩では約 4% の変化がある。

以上が今までに得られた主な実験結果である。この結果は, 測定の温度範囲を広め, 縦振動の結果等も含めて別の機会に詳しく検討したい。

文 献

- 1) 片岡明雄, 小栗幹男: 地震, 10, 161, (1957)

地震時報

1959 年 1~3 月の顕著地震

1 月 1 日 エトロフ島沖の地震

発震時: 19 時 25 分 43 秒, 42.1°N. , 148.4°E. , 深さ約 60 km で, 釧路だけで有感, 震度 I, 有感距離は 320 km.

1 月 12 日 北海道東方沖の地震

発震時: 23 時 16 分 35 秒, 43.7°N. , 146.2°E. , 深さ約 100 km で, 北海道・東北両地方の一部で有感, 最大震度 III, 最大有感距離は八戸まで 520 km.

1 月 22 日 福島県東方沖の地震

発震時: 14 時 10 分 28 秒, 37.5°N. , 142.3°E. , 深さ約 30 km で, 東北・関東地方の全般および中部・北海道両地方の一方で有感, 最大震度 IV, 最大有感距離は釧路まで 630 km, Mag. 6.8 (気象庁), $6\frac{3}{4} \sim 7$ (Pasadena), $6\frac{3}{4}$ (Berkeley).

1 月 24 日 福島県東方沖の地震

発震時: 14 時 08 分 37 秒, 37.3°N. , 141.2°E. , 深さ約 80 km で, 東北・関東両地方の全般および中部・北海道両地方の一部で有感, 最大震度 V, 最大有感距離は釧路まで 670 km.

2 月 5 日 茨城県東方沖の地震

発震時: 19 時 05 分 42 秒, 36.3°N. , 141.7°E. , 深さ浅で, 関東・東北両地方の一部で有感, 最大震度 III, 最大有感距離は盛岡管内千厩まで約 300 km, Mag. 5.6 (気象庁).

2 月 17 日 八丈島南東沖の地震

発震時: 21 時 49 分 22 秒, 31.6°N. , 143.1°E. , 深さ約 60 km で, 鳥島と福島で有感, 震度はいづれも I, 最大有感距離は福島まで 680 km.

3 月 5 日 新潟県沿岸の地震

発震時: 08 時 00 分 52 秒, 37.6°N. , 138.7°E. , 深さ約 200 km で, 関東・東北・中部各地方の一部で有感, 最大震度 II, 最大有感距離は伊東まで 310 km.

3 月 5 日 エトロフ島沖の地震

発震時: 23 時 09 分 48 秒, $43.8\frac{3}{4}^\circ\text{N.}$, $147.1\frac{1}{4}^\circ\text{E.}$, 深さ約 80 km で, 北海道・東北両地方の一部で有感, 最大震度 II, 最大有感距離は八戸まで 580 km.