

兵庫県庁 正員・金田 宣文  
 関西大学工学部 正員 井上 祐司  
 関西大学工学部 正員 谷口 敬一郎

1. まえがき 種々の外力の作用の結果、一般に岩盤内の岩石には多様のひび割れが存在している。またさらにひび割れ内に水が含まれたり、他の鉱物たとえば粘土が含まれたりしているため、ひび割れが岩盤の強度に与える影響は非常に大きい。このような、岩盤の状態を大きく支配するひび割れの定量化に対して色々な試みが行われており、その方法としてひび割れ係数が提唱されている。本研究は、このひび割れ係数の妥当性ならびにひび割れに関する理論的な考察について述べるものである。

2. ひび割れ係数について ひび割れ係数は、岩盤がひび割れを含むと岩盤全体のみかけ弾性係数が低下するという現象が導かれたものである。ここで、岩盤において、ひび割れの存在の有無にかかわらずポアソン比、密度が一定と仮定すれば、ひび割れ係数は標準供試体の縦波伝ば速度とひび割れを含む岩盤の縦波伝ば速度とからのみ求まる。

ある花崗岩地層について実験を行ない、ひび割れ係数と弾性係数の関係について図-1に示す結果を得た。図に示すように、ひび割れ係数と動弾性係数は直線関係となり、実験的に、

$$E = 55(1 - f_c) \times 10^4 \quad (\text{kg/cm}^2) \quad \cdots (1)$$

の関係式を得た。ここに、 $E$ は動弾性係数、 $f_c$ はひび割れ係数である。また、ひび割れ係数と動ポアソン比については、乾燥状態においても含水状態においても、顕著な相関関係が認められなかった。

さらに、ひび割れ係数と一軸圧縮強度との関係については、実験回数が少ないが、ひび割れ係数の小さいものは一軸圧縮強度が高いという結果を得た。

### 3・1. ひび割れに関する理論的考察

ひび割れの存在によって弾性波伝ば速度が低下する関係について考察を行なった。図-2に示すように、弾性波伝ば速度  $V_1$  をもつ岩盤があり、その長さ  $l$  に対して幅  $d$  の割合で弾性波伝ば速度  $V_2$  をもつひび割れが存在しているものとする。ひび割れの両面は平行であり、弾性波の伝ば方向に対して  $\beta$  の角度をもって傾斜しているものとする。したがって、この場合弾性波のひび割れへの入射角  $\alpha$  と  $\beta$  はお互いに余角の関係にある。さらに、一般に岩盤内を伝ばする弾性波の振動数は  $100 \text{ Hz}$  程度以下であり、したがって波長はひび割れの幅に比べて非常に長く、Snellの法則が成り立つ。以上の仮定の上に  $V_2$  と  $V_1$  の比を速度比  $a$ 、 $\alpha$  と  $l$  の比を厚さ比  $b$  とおき計算を行なうと、ひび割れを含む岩盤のみかけの速度  $V'$  は

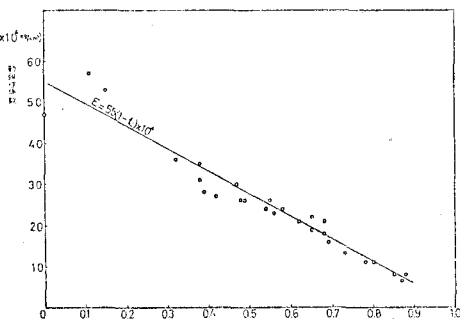


図 - 1

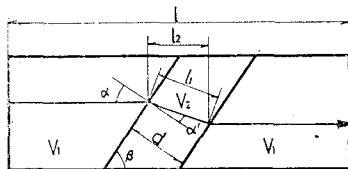


図 - 2

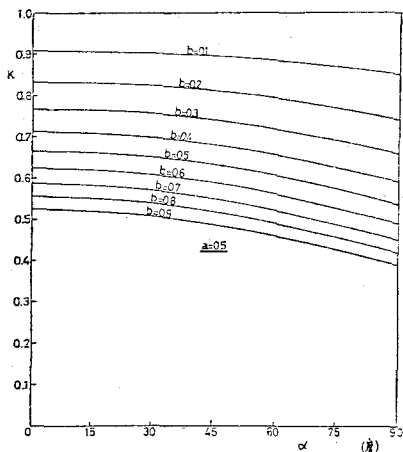


図 - 3

$$V' = K \cdot V_1 \quad \dots\dots\dots (2)$$

で表わされる。ここで、 $K$ は、

$$K = \frac{1}{1 + b \left( \frac{\sqrt{1 - a^2 \sin^2 \alpha}}{a} - \cos \alpha \right)}$$

で表わされ、この $K$ を速度低下係数と呼ぶこととした。

したがって、ひび割れを含む岩盤の弾性波伝ば速度は、ひび割れの状態を示す3つの定数  $a \cdot b \cdot \alpha$  によって決定される。

速度低下係数  $K$  と弾性波のひび割れへの入射角  $\alpha$  との関係の1例を図-3に示した。ひび割れが傾斜するにしたがって速度低下係数の値も低下してくる。ひび割れが、 $0^\circ$  から  $90^\circ$  に傾斜したときの  $K$  の低下の程度は、 $a = 0.01 \sim 0.90$   $b = 0.001 \sim 0.999$  の範囲で最大値は約0.23である。すなわち、ひび割れの存在しない標準岩石の速度の23%が低下する。

つぎに、 $K$  と  $a$  の関係の一例を図-4に示した。ひび割れの幅がせまい場合には、 $a$  が0に近づくとき  $K$  は急激に低下する。同様に、 $K$  と  $b$  の関係の一例を図-5に示した。 $b$  が1に近づけば  $K$  はある一定値に近づくような曲線となる。さらに、ひび割れが弾性波の伝ば方向と関係なくランダムに分布する場合には、速度低下係数  $K$  は  $\alpha$  に関係なく  $a$  と  $b$  の関数になると予想される。

### 3・2. 実験および考察

アクリル樹脂製円柱を岩石、ゴム板をひび割れと置いてモデル実験をおこない、 $a \cdot b$  が一定のときの  $K$  と  $b$  の関係を求めると、実測値と計算値においてほぼ一致した結果を得た。

また、ある地層から採取した花崗岩・流紋岩について、有効間ゲキ率と縦波伝ば速度との関係を求めた結果、資料数は少ないが程度の相関関係が認められた。間ゲキもひび割れの一つだといえよう。さらに、シルト質土について、圧密と弾性波伝ば速度との関係について実験を行なった。6種の含水状態において、伝ば速度と空気間ゲキ率との間には図-6に示す結果が得られた。図-6は図-5と形態がよく似ている。すなわち空ゲキをひび割れと置くことによって理解できる。これらの曲線から、現場において土の含水比と弾性波伝ば速度が求まれば土の密度、あるいは圧密状態が推定できることも可能である。

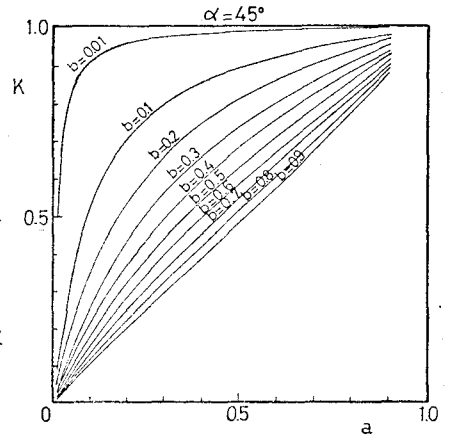


図-4

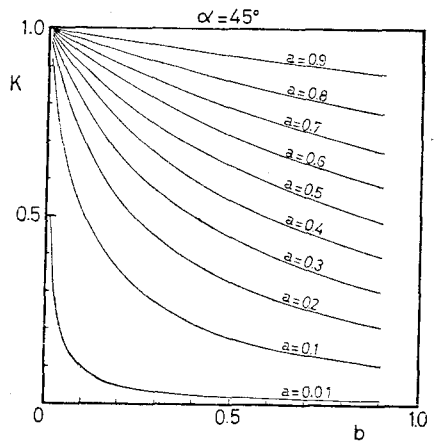


図-5

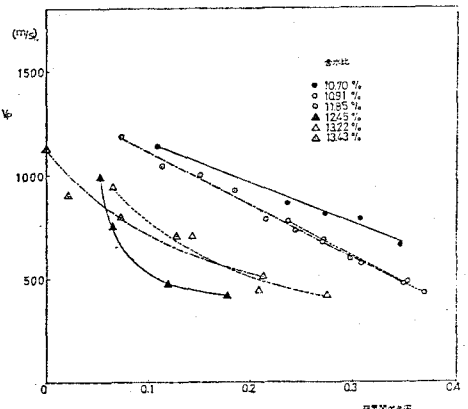


図-6

### 参考文献

- 1) 田中芳則；「弾性波速度による割れ目の定量化について」 応用地質 第11巻 第1号 昭和45年3月, P.1~P.7
- 2) 池原武郎；「トンネル施工の問題点と対策」 鹿島出版会, P.12~P.14
- 3) 昭和45年度講習会テキスト；「物理探査の土木工事への応用」 土木学会関西支部, 昭和45年4月 P.3~P.6
- 4) J. TALOBRE, 進藤一夫訳；「LA MÉCANIQUE DES ROCHES」 森北出版 昭和45年12月第2版 P.21~P.48