

スリットを内蔵させた脆性供試体の一軸圧縮強度と動的弾性係数との関係について

東北大学 正員 ○田野久貴
同上 学生員 森田秀夫

1 緒言

岩石やコンクリート等の非破壊試験法の一つとして、動的弾性係数からこれらの強度を知ろうという試みがなされているのは周知の通りである。また、動的あるいは静的弾性係数の低下に伴いその強度も低下するということが経験的に知られている。しかし、弾性係数と強度とは普通同じ次元さもちろんから、前者は組織に鈍感であり、後者は敏感であると言われるように異なった性質を有していることから、両者の関連を的確に推定することはむづかしい問題である。すなわち、これらの弾性係数と強度との間には材料内部の組織、特に空げきや亀裂等の欠陥の影響が大きいため、まず、弾性係数と亀裂、亀裂と強度との関係が個々に検討されなければならぬと思われる。

本研究は動的弾性係数と亀裂との関係を調べ、今迄に行なってきた亀裂と一軸圧縮強度に関する研究によって得られた若干の結果と比較しながら、動的弾性係数と一軸圧縮強度との関係をより明確にしようとするものである。

今回は、2次元スリット（亀裂）を有した石膏供試体を用い、スリットの数や角度の相違により動的、静的弾性係数がどのような影響を受けるかという実験について、現在までに得られた結果を報告する。

配合	石膏:水=1:0.6 (重量比)
養生	乾燥水量: 25~26%
	養生温度: 50℃ 約50時間

表-1 製作の諸元

スリット角度	$\theta = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$
スリット数	$n = 2, 6, 10$
スリット長さ	$2c = 5 \text{ mm}$

表-2 供試体の種類

2 実験方法

2.1 供試体 実験に用いた供試体は石膏製の角柱（6×6×12 cm）である。スリット（亀裂）は、あらかじめ設置したセルロイドの薄片を硬化後引抜くことにより作り、定温乾燥器で定量になるまで乾燥させて実験を行った。スリットの長さは5 mmを用い、各スリットの間隔は等間隔とし、角度によらず同一配列である。供試体の製作諸元、種類及び寸法についてそれぞれ表-1、2及び図-1に示す。

2.2 動的弾性係数測定装置

測定装置は圓井製作所のデジタル式ヤング率測定器（MIN-1101）を使用した（写真-1参照）。

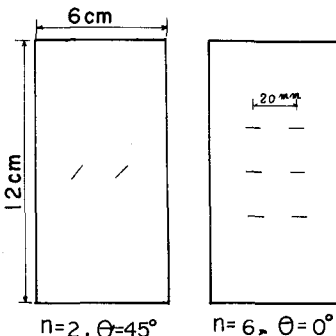


図-1 スリットの配列の例

同装置は共振周波数が自動的に1 cycle/secの単位まで読み取れるようになってゐる。

2.3 測定方法

周波数レンジを変化させ、ブラウン管上のリサージュ図形に注意しながら1次共振であることを確認の上、周波数(f)を求めた。また、駆動子及びピックアップ面に薄くグリースを塗布することにより、供試体面との接触を良くした上で次のような手順で測定した。

まず、供試体下面中央に駆動子がくるようにし、ピックアップを移動させて上面の5ヶ所で測定する。次に上下を逆にして全く同様の測定し、1個の供試体で合計10回測定し、その平均を測定値とした(図-2参照)。また、動的弾性係数 E_d は測定周波数fから、次式を用いて計算した。

$$E_d = 0.00408 \frac{L W f^2}{A}$$

L: 供試体長さ (cm)

W: 供試体重量 (kg)

A: 供試体断面積 (cm²)

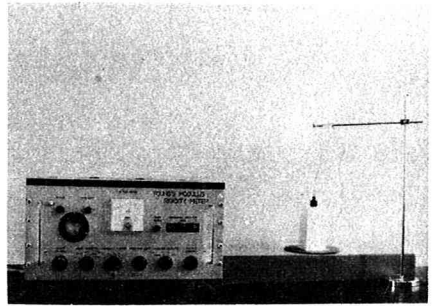


写真-1 動的弾性係数測定装置

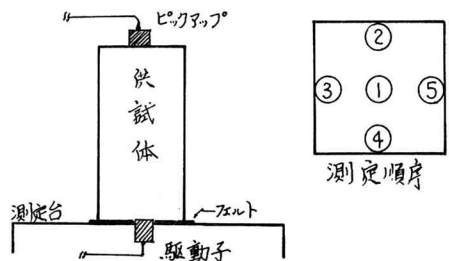


図-2 測定方法

2.4 静的弾性係数及び一軸圧縮強度の測定

動的弾性係数(E_d)を測定後、20t万能試験機を用いて一軸圧縮を行い、ダイヤルゲージによりヒズミを測定し、静的弾性係数(E_s)を求めた。また、全体破壊時の作用応力を一軸圧縮強度(σ_f)とした。

3 実験結果

3.1 スリットの角度及び個数が動的弾性係数に与える影響について

図-3にスリット角度 θ と動的弾性係数 E_d との関係を示す。測定値はかなりの範囲にわたってバラツキがあるが、図からわかるように、スリット角度 θ が小さく(水平)なるに従って E_d は明らかに減少している。また、図-4にスリット個数 n と E_d との関係を示す。スリット数が増加するに従って、 E_d は同様に減少する。

3.2 静的弾性係数に与える影響について

前項の E_d を測定したと同じ供試体を用いて得られた静的弾性係数の測定値を、それぞれ図-5,6に示す。 E_d においてみられると同様に、 θ が減少するとともに、また、 n が増加するとともに E_s は減少する傾向にある。

3.3 一軸圧縮強度に与える影響について

スリットが一軸圧縮強度に与える影響についてはすでに若干の理論的考察を行っている。^{2),3)}すなわち n が増加するにつれて、破壊の確率が増加し強度が低下すること。また角度 θ が水平になるほど強度

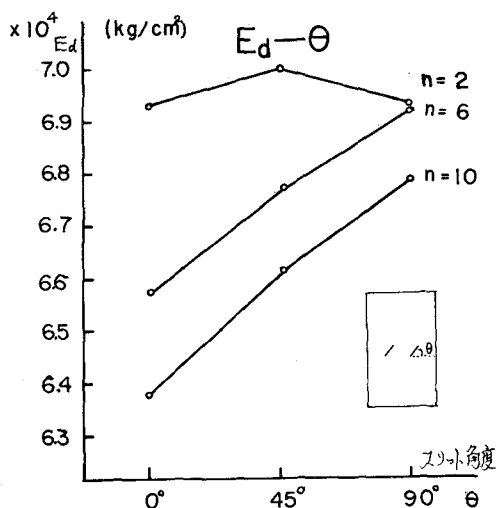


図-3 動的弾性係数とスロット角度

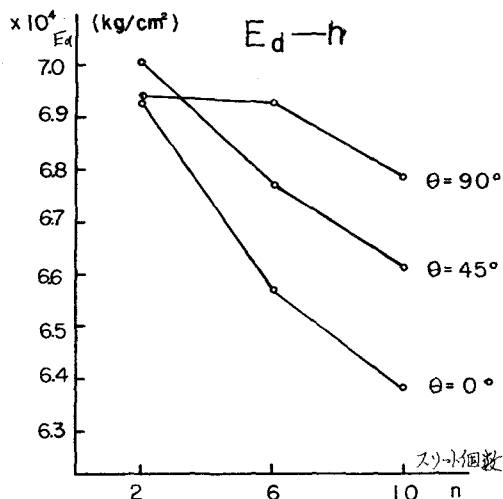


図-4 動的弾性係数とスロット個数

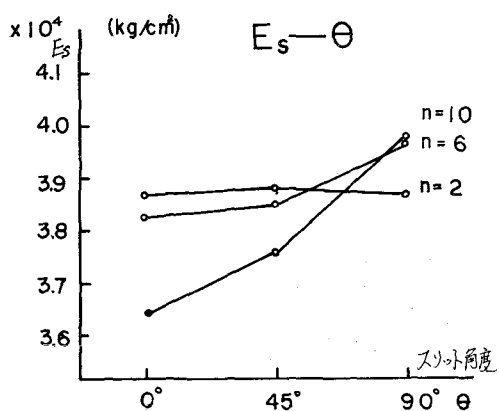


図-5 静的弾性係数とスロット角度

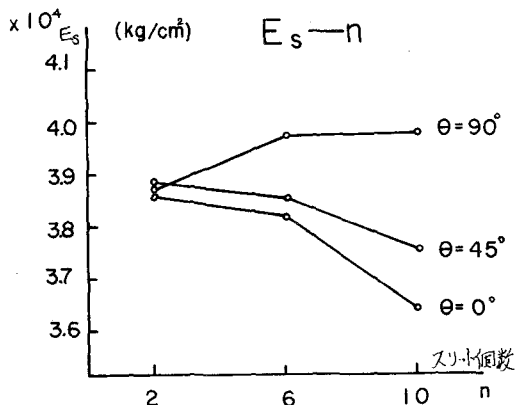


図-6 静的弾性係数とスロット個数

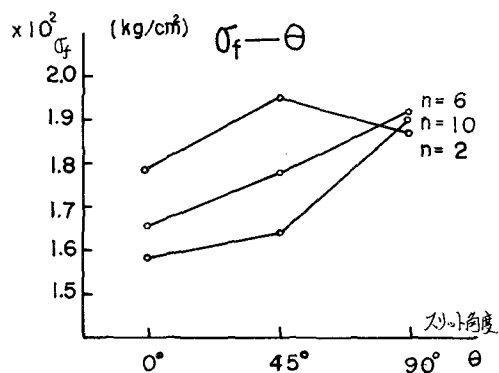


図-7 一軸圧縮強度とスロット角度

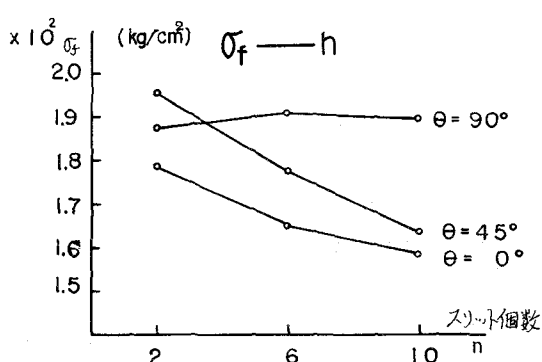


図-8 一軸圧縮強度とスロット個数

が低下することを報告したが、今回の実験結果(図-7, 8)もこれを裏付けていると思われる。

4. 考察

緒言において、動的弾性係数 E_d と一軸圧縮強度 σ_f との間には、スリットの角度 θ 、及び個数 n がパラメーターとしてどのような影響を及ぼしているかを検討することにより、 E_d と σ_f との関連がより明らかに出来るのではないかと述べていた。 θ 、 n と σ_f についてはすでにある程度検討している²⁾ので省略し、ここでは θ 、 n と E_d との関係について E_s と比較しながら考察してみる。

以上の実験結果から、動的弾性係数(E_d)は材料の組織に比較的に敏感であることがわかる。すなわち、スリット数 n の増加によって E_d が減少し、スリット角度 θ によってかなり影響を受けることを示している(図-3)。 E_d は $\theta = 0^\circ$ (水平)の時に最小値を示しているが、これは一軸圧縮強度 σ_f と同様な傾向である。従って、動的弾性係数 E_d と一軸圧縮強度 σ_f の間にはかなりはっきりした対応があるものと予想される。次に静的弾性係数 E_s と E_d とを比較してみると E_d の方がスリット数(n)と角度(θ)の変化に対して若干敏感であるように思われる。

5. 結語

材料内部の組織的な変化が、いづゆるその動的弾性係数にどのような影響を与えるかについて理論的に検討することはかなりむづかしい問題であるため、今回は実験結果の定性的な考察にとどめた。共振周波数と弾性係数(E_d)、及び一軸圧縮強度 σ_f と弾性係数(E_s)との関係にはそれぞれ理論的な考察があることから、共振周波数と強度との間にある程度の理論づけが可能ではないかと考えられる。また、表-3に示すように、測定値にはかなりのバラツキもあり、試験回数を増加して精度を上げること、さらにはスリットの配列の相違による E_d 、 E_s への影響、あるいは本実験における E_d と E_s の値の大きな差等についても問題が残されている。

本研究を行うにあたり、日頃御指導、御討議戴っている東北大学工学部、佐武正雄教授に深甚の謝意を表す。なお、本研究の一部に、昭和46年度文部省科学研究費奨励研究(A)を用いたことを付記する。

参考文献

- 1) たとえば、JIS 1127、英鳴振動によるコンクリートの動弾性係数、動せん断弾性係数および動ポアソン比試験方法
- 2) 佐武正雄、田野久賢：分布しているクラックによる強度低下に関する実験とその確率論的考察 日本材料強度学会講演論文集(1969)
- 3) 田野、佐武：水平スリットをもつ脆性試験体の一軸圧縮における破壊開始と最終強度との関係について、土木学会第26回年次学術講演集第3部、P.1~4(1971)。

n	θ	$E_d (\times 10^5)$	$E_s (\times 10^5)$	σ_f
2	0°	6.928 ± 0.237	3.870	178.9
2	45°	7.040 ± 0.290	3.879	195.5
2	90°	6.938 ± 0.200	3.872	187.8
6	0°	6.575 ± 0.012	3.826	165.9
6	45°	6.769 ± 0.014	3.856	178.1
6	90°	6.928 ± 0.014	3.974	191.8
10	0°	6.384 ± 0.010	3.645	159.3
10	45°	6.616 ± 0.010	3.761	164.3
10	90°	6.790 ± 0.015	3.989	190.5
標準供試体		7.089 ± 0.018	3.951	200.1

表-3 E_d と標準偏差, (Kg/cm^2)