

# 複数スリットをもち脆性材料の強度と変形特性に関する実験と考察

日本大学工学部 正員 田野久貴  
 同 学正員 関口 淳  
 同 学正員 金成昌美

## 1. まえがき

本研究は、脆性材料である石膏より製作した角柱供試体に人工的な複数のスリットを与え、スリットの角度、配列を規則的に変化させて、一軸圧縮試験を行ないスリットが強度と見かけのヤング係数に及ぼす影響を調べ若干の考察を行なうものである。

## 2. 実験方法及び結果

石膏を材料とする角柱供試体(6×6×12cm)に、あらかじめ設置したセルロイド片(厚さ0.3mm)を硬化後引き抜くことで二次元的な亀裂(複数スリット)を作り、定温乾燥器で定時間乾燥後、一軸圧縮試験を行ない荷重はロードセル(新興通信2.0t)変位は電気式ダイヤルゲージ(共和電業、有効長20mm)を用い、X-Yレコーダ(渡辺測器)に記録した。供試体製作方法は表-1、供試体の種類については表-2、図-1に示す。供試体実験本数は各タイプ約40個である。

次に実験結果を、図-2, 3, 4, 5に示す。まず、スリットの角度と強度との関係では、図-2より各タイプともスリットの角度が60°, 30°, 0°の順に低下する傾向がみられる。一方、スリットの配列と強度との関係は、図-4よりスリットの角度が0°, 30°の場合の強度は、タイプIからタイプIVの順に低下する傾向がみられる。また、スリットの角度60°の場合において、同様にタイプIからタイプIIIの順に低下するが、タイプIVの強度はタイプIIIより増加している。

ヤング係数については、応カーひずみ曲線より見かけの割線弾性係数を求め、スリットの角度、配列とヤング係数比との関係を示した図-3, 5により、スリットの角度が小さくなるにつれて先の強度と同様にヤング係数も低下する傾向がみられる。しかし、配列の影響をみると各角度ともヤング係数は、タイプIからタイプIIまで低下し、タイプIIIからタイプIVにかけてやや増加する。すなわち、タイプIIにおいてヤング係数が最小になる傾向がみられる。なお、各図とも標準供試体を基準とした。

## 3. 考察

### 3.1 スリットの角度と強度

図-2よりスリットの角度が、小さくなると強度も低下する

配合	石膏:水 = 1 : 0.6 (重量比)
攪拌	1分30秒
乾燥	乾燥重量/製作時重量 = 25.5 ~ 26.0% 乾燥温度 60°C

表-1 製作方法

亀裂角度	$\theta = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ$
亀裂長さ	2C = 10mm
亀裂数	3個
亀裂配列	4種類

表-2 供試体の種類(各約40個)

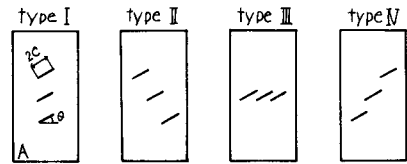


図-1 供試体の種類(スリットの配列)

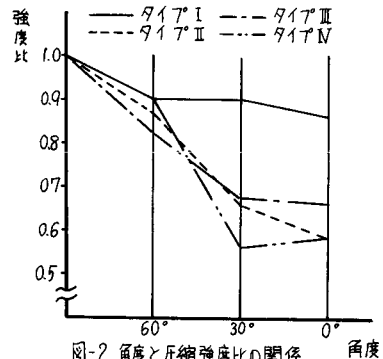


図-2 角度と圧縮強度比の関係

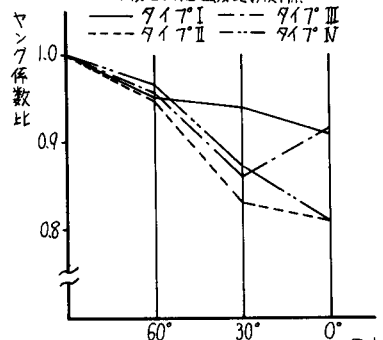


図-3 角度とヤング係数比の関係

傾向がみられ、スリットの角度が強度に及ぼす影響が現われている。単一スリットを与え、その角度を変化させた従来の実験でもスリットの角度が、小さくなるにつれて強度を低下するという結果が得られているが、複数スリットの場合と同様な結果が得られた。これは、角度が大きいと応力勾配が急になりスリット周辺における引張亀裂の発生が生じにくく、角度が小さいとこの逆となるため角度が小さくなると強度が低下すると考えられる。

### 3.2 スリットの配列と強度

図-4よりタイプIからタイプIVの順に強度が低下する傾向がみられ、スリットの配列が強度に及ぼす影響が現われている。これは、配列の違いによる応力分布等の干渉によって、強度がタイプIからタイプIVの順に低下すると考えられるが、スリットから発生した亀裂の相互の連結等の構造的な点にも関係すると考えられる。

### 3.3 スリットの角度とヤング係数

図-3よりスリットの角度が、小さくなるとヤング係数も低下する傾向がみられる。スリット1個が供試体に内在する場合見かけのヤング係数を次の式で求めることができる。

$$E_e = \frac{E}{1 + \frac{2\pi C^2}{A} \cos^2 \theta}$$

$E_e$ : 見かけのヤング係数  $E$ : スリットの存在しない母材のヤング係数  
 $\theta$ : スリットの角度  $A$ : スリットを含む側面積  $2C$ : スリット長さ

この式において、 $\theta$ が小さくなると $E_e$ は低下する。したがって、スリットの角度が、小さくなるとヤング係数も低下すると考えられる。

### 3.4 スリットの配列とヤング係数

図-5よりタイプIからタイプIIまで低下し、タイプIIIからタイプIVへと増加する傾向がみられる。これは、強度と同様に配列の違いによって、スリット周辺の応力分布が干渉するためと考えられるが、この実験結果から推定すると、タイプIIが最も干渉が小さいと考えられる。

### 3.5 強度とヤング係数

本来強度の大きいものはそれに順じてヤング係数も大きい傾向があり、スリットの角度で比較すると、この傾向がみられた。しかし、スリットの配列で比較するとこの傾向はみられなかった。これは、配列の違いにより生じる応力干渉の相異や破壊過程において構造的な影響が、強度とヤング係数によって異なるためと考えられる。したがって、必ずしも強度とヤング係数に相関のない場合もあると思われる。

### 参考文献

- 1) E. Z. Lajtai; Effect of Tensile Stress Gradient on Brittle Fracture Initiation  
 Int. J. Rock. Mech. Min. Sci. Vol. 9, P. 569~578 (1972)
- 2) J. P. Berry; Some Kinetic Consideration of The Griffith Criterion for Fracture-1,  
 Equation of Motion at Constant Force, J. Mech. Phys. Solids, Vol. 8,  
 P. 199~206 (1960)

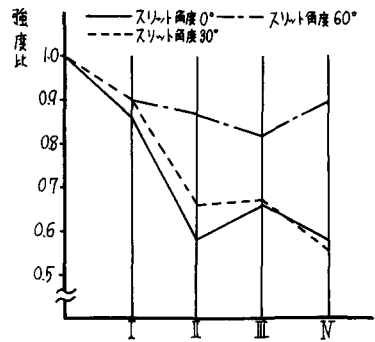


図-4 配列と圧縮強度比の関係 配列

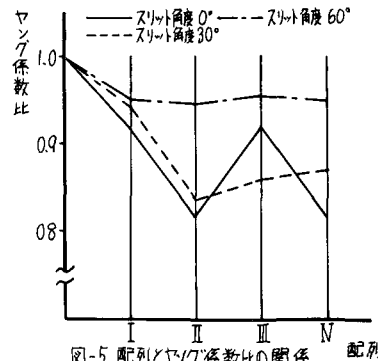


図-5 配列とヤング係数比の関係 配列