

# 異なるき裂角度を有する脆性材料の圧縮試験におけるひび割れ進展に関する研究

長崎大学 学生会員 ○ 杉山 拓巳 長崎大学 学生会員 前田 弦輝  
長崎大学 正会員 松田 浩 長崎大学大学院 学生会員 板井 達志

## 1. はじめに

コンクリート構造物の維持管理や長寿命化の観点から、現在、様々な要因で発生するひび割れの評価に注目が集まっている。例えば、新設構造物には、温度応力ひび割れや収縮ひび割れの抑制が、既設構造物には、ひび割れ発生原因の明確化や将来的なひび割れ進展予測が求められている。従来は、ひび割れの発生を抑制する条件や観察されたひび割れの現状の理解とその影響の評価の検討が多く、構造解析手法においても個々のひび割れに着目して、ひび割れ発生後の進展挙動までも対象としている検討は少ない。ひび割れ発生後の進展挙動を正確に評価できれば、ひび割れの抑制やひび割れコントロール技術の向上につながり、コンクリート構造物の維持管理や長寿命化に役立つと考えられる。

そこで本研究では、均一性の高い脆性材料である石膏を用いて、中央部に様々な角度のき裂を一つ含んだ石膏の一軸圧縮試験を行い、き裂の角度がひび割れ進展に及ぼす影響について検討した。急速に進展するひび割れ、ひび割れ進展に伴う内部構造の状態変化過程をとらえるため、高速度カメラ、デジタル画像相関法を用いて計測を行った。

## 2. 試験概要

本試験では縦 100mm×横 40mm×厚さ 10mm の寸法を有するき裂を含んだ石膏試験体を作成し、一軸圧縮試験を行った。荷重は 300kN 万能試験機にて試験体が破壊するまで行い、その破壊挙動について高速度カメラ、デジタル画像相関法による全視野ひずみ計測を行った。

計測器の位置関係として試験体から 2 つのカメラの中心の位置までの距離を 600mm、カメラ間の距離を 300mm とした。撮影された画像は約 0.15mm/pixel で構成される。計測条件は、高速度カメラのシャッタースピードを 1/1000 秒として、25.6 秒間に 1536 枚撮影した。計測時には白色発光ダイオード(白色 LED)ライトを使用し、試験体表面の明るさを一定に保つようにした。

試験風景を写真 1 に示す。試験体と試験機との間には接地面の摩擦を軽減するためにテフロンシートを使用した。

本試験で使用した石膏の材料特性を表 1 に示す。石膏には、株式会社トクヤマデンタルの TOKUSO ROCK-1 を使用し、水と石膏の割合は 1:5 で作成した。

試験体概要を図 1 に示す。試験体は図 1 のようにき裂を試験体中央部に長さ 14mm、幅 0.2mm で加え、き裂の角度  $\alpha$  を 15°, 30°, 45°, 60°, 75°として作成した。

画像解析のため、計測面に黒スプレーを用いて図 1(b)のようなランダムパターンを散布した。

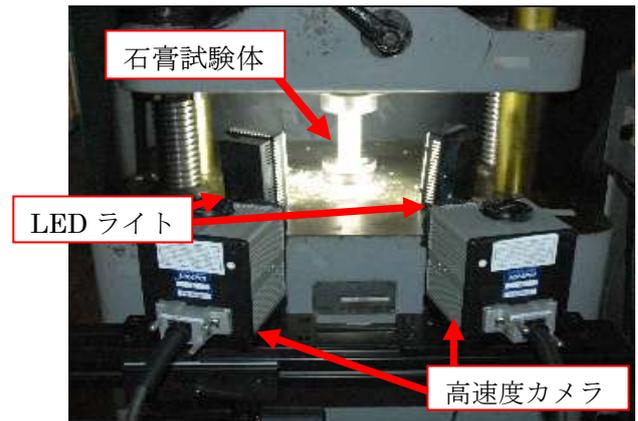


写真 1 計測風景

表 1 試験体の材料特性

$\sigma_c$ [MPa]	$\sigma_t$ [MPa]	$E_s$ [MPa]	$\nu$
47.4	2.5	28700	0.23

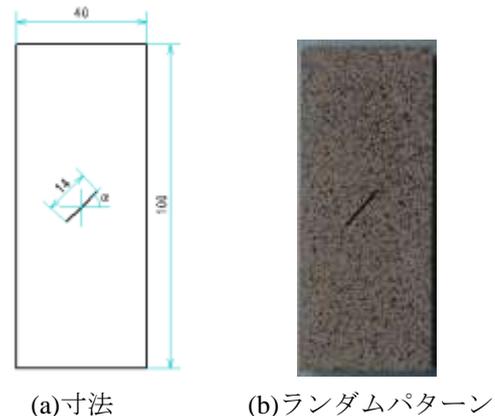


図 1 試験体概要

### 3. 試験結果

一軸圧縮試験により得られた試験体の最大荷重を表 2 に示す。表 2 から分かるように 30°が最小値, 75°が最大値を示した。ひび割れ角度が大きくなるにつれて最大荷重も大きくなる傾向にあることがわかる。

試験終了時の試験体のひび割れ状況を図 2 に、き裂から進展したひび割れパターンを図 3 に示す。15°, 30°, 45°では、引張りによりき裂の右上, 左下から発生する Wing Crack と呼ばれる翼状のひび割れが確認できた。このひび割れがゆっくりと進展していくことで試験体の破壊に至った。60°, 75°では Wing Crack が確認できなかったが、ずれを生じて発生したと考えられるせん断ひび割れが確認できた。せん断ひび割れが発生し、急激にひび割れが進展し、破壊した。45°でははじめに Wing Crack が発生し、ひび割れが進展したことで試験体は破壊し荷重が低下したのちにせん断ひび割れも生じた。

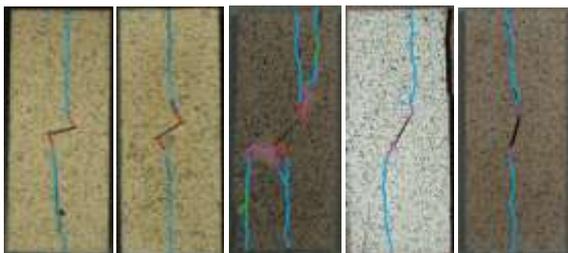
高速度カメラとデジタル画像相関法によって得られた  $\alpha=30^\circ, 60^\circ$  のひずみ分布図を図 4 に示す。図 4 より荷重の増加とともにき裂周辺に発生したひずみの集中領域が大きくなっていく様子が確認できる。また、 $\alpha=30^\circ$  に比べて  $\alpha=60^\circ$  はせん断ひずみによる影響が大きい。このことから  $\alpha=60^\circ$  はせん断ひび割れであることが分かる。

### 4. まとめ

中央部に様々な角度のき裂を一つ含んだ石膏の一軸圧縮試験を行った結果から、き裂の角度が大きくなると最大荷重は大きくなり、Wing Crack は発生しにくく、せん断ひび割れが生じやすくなると考えられる。

表 2 最大荷重(kN)

$\alpha$	15°	30°	45°	60°	75°
最大荷重	12.20	9.15	13.05	17.10	19.75

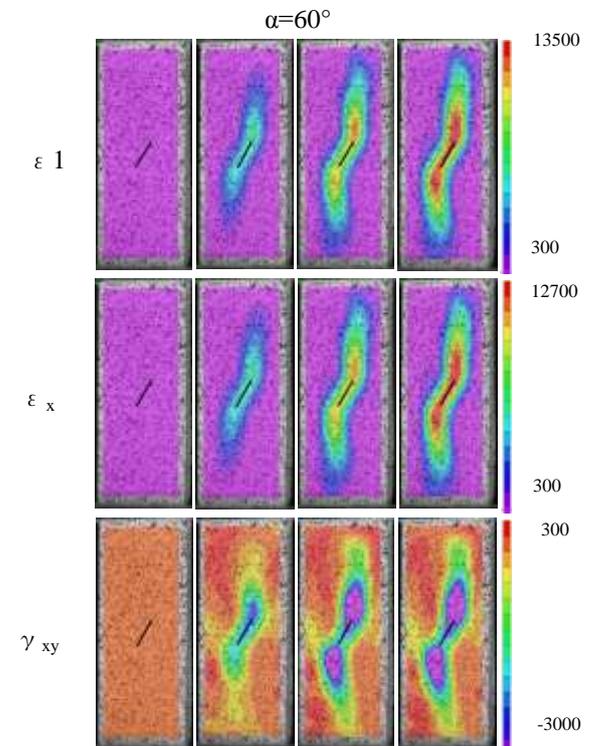
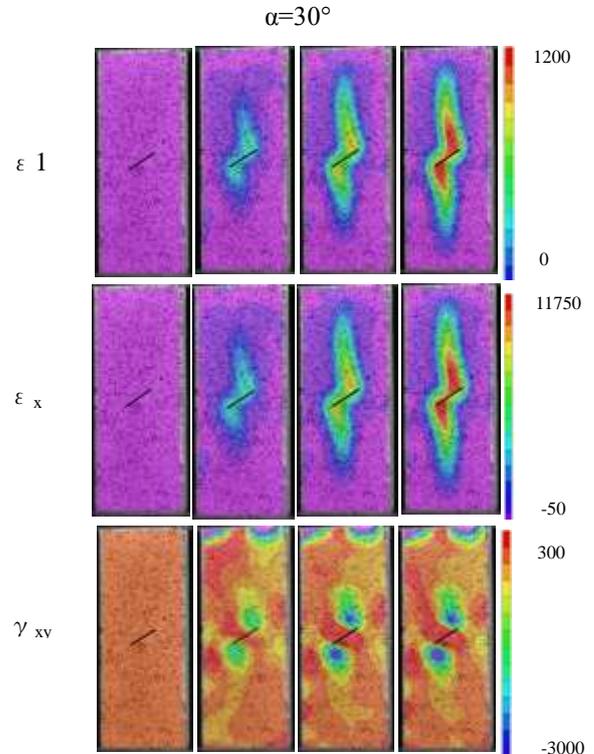


— : 引張りひび割れ(Wing Crack)  
 — : せん断ひび割れ — : ひび割れ進展

図 2 ひび割れ進展図 ( $\alpha=15^\circ\sim 75^\circ$ )



図 3 ひび割れパターン



(  $\epsilon 1$ : 最大主ひずみ,  $\epsilon_x$ : x 方向ひずみ )  
 $\gamma_{xy}$ : せん断ひずみ

図 4 ひずみ分布図