

欠陥を有する圧縮石膏板のひび割れ発生・進展の可視化

長崎大学大学院 学生会員 ○博多屋 智志 長崎大学 正会員 松田 浩
 長崎大学 正会員 出水 亨 同済大学 非会員 趙 程

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の長寿命化の観点から、新設構造物では温度応力ひび割れや収縮ひび割れの抑制が、既設構造物では、鉄筋腐食やアルカリ骨材反応のような個々のひび割れ発生要因の明確化やひび割れ進展に対する防止対策が詳細に検討されており、コンクリート構造物の健全度調査において、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。このような状況に対し、ある現象に対して構造物内にどのようにひび割れが発生し、それが供用期間内での時間・空間スケールでどのように進展していくのかの検討は比較的少ない。また、個々のひび割れを対象とした研究においても、破壊後のひび割れ状況のみを取り扱っている場合が多く、ひび割れ発生から進展過程を取り扱った研究は少ない。この理由として、従来のひずみゲージによる計測法では、瞬間的かつ“いつ”、“どこに”、“どのように”発生するかが予測不能なひび割れを観察することが困難であることが原因として挙げられる。

本研究では、光学的計測法の一つであるデジタル画像相関法(以下、DICMと略記)を用いて、コンクリート系材料の圧縮試験におけるひずみ分布を画像計測から算出し、種々の欠陥を有するコンクリート系材料のひび割れ発生・進展挙動の可視化を行った。

2. 試験概要

本試験では、き裂を有する石膏板を対象として一軸圧縮試験を行った。試験体は、水と石膏を重量比 1:5 の配合で作成した。試験体の材料特性を表 1 に示す。試験体は、複数本のき裂を導入したものを作成した。一き裂導入板ではき裂角度を $\alpha=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ の 4 つを作成した。二き裂導入板ではき裂角度を $\alpha=45^\circ$ とし、き裂間の角度を $\beta=90^\circ, 135^\circ, 180^\circ$ とした。三き裂導入板ではき裂角度を $\alpha=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ とし、き裂間の角度を $\beta=75^\circ, 90^\circ, 105^\circ, 120^\circ$ とした。配置タイプは文献¹⁾を参考にして決定した。また、作成した試験体の概略を図 1 に、試験体名称を表 2 に示す。

試験は 2000kN 万能試験機にて試験体が破壊するまで行い、荷重速度はおよそ 0.1kN/秒とした。試験機と試験体の間にはテフロンシートを敷き、接地面との摩擦を軽減させた。計測にはデジタル画像相関法を用い、2 台のカメラにより、荷重開始から破壊まで 1 秒間隔で撮影した。撮影された画像は約 0.08mm/pixel で構成される。撮影時は試験体表面の明るさを一定に保つため、白色 LED ライトを 2 台用いた。

表 1 石膏の材料特性

圧縮強度(MPa)	弾性係数(MPa)	ポアソン比
36.9	18530	0.253

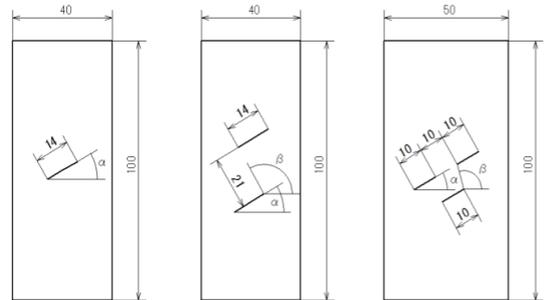


図 1 試験体概略

表 2 試験体名称

一き裂	α	二き裂	β
1-a15	15°	2-b90	90°
1-a30	30°	2-b135	135°
1-a45	45°	2-b180	180°
1-a60	60°		

三き裂 α/β	75°	90°	105°	120°
15°	3-a15b75	3-a15b90	3-a15b105	3-a15b120
30°	3-a30b75	3-a30b90	3-a30b105	3-a30b120
45°	3-a45b75	3-a45b90	3-a45b105	3-a45b120
60°	3-a60b75	3-a60b90	3-a60b105	3-a60b120

表 3 一き裂最大荷重

α	15°	30°	45°	60°
最大荷重	12. 20	9. 15	13. 05	17. 10

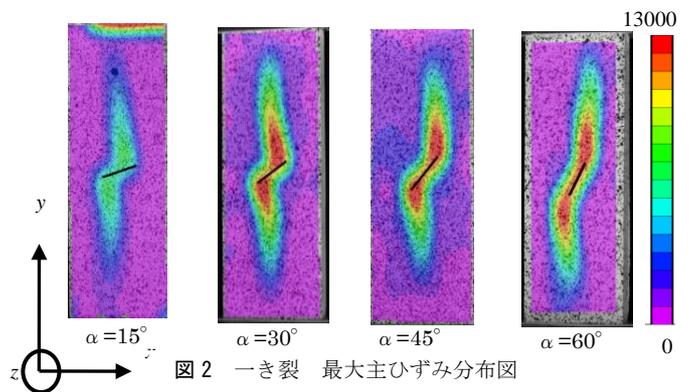


図 2 一き裂 最大主ひずみ分布図

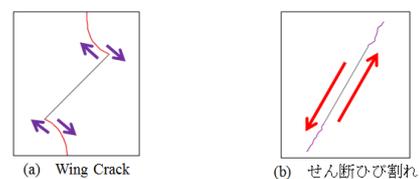


図 3 一き裂 ひび割れパターン

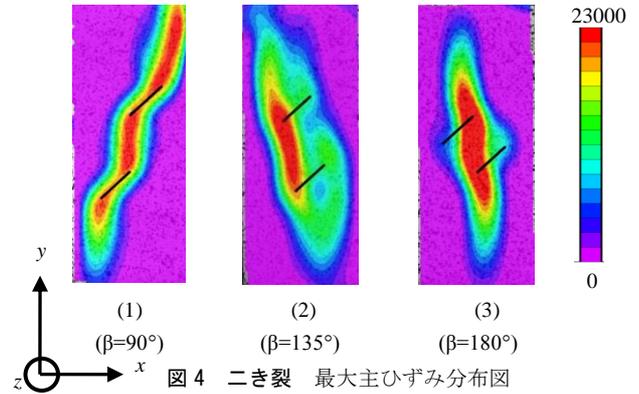
キーワード：デジタル画像相関法，全視野ひずみ計測，ひび割れ進展，コンクリート

住所：長崎県長崎市文教町 1-14 長崎大学大学院工学研究科総合工学専攻 電話，FAX：095-819-2590

3. 試験結果

3.1 一き裂導入板

一き裂導入板の最大荷重を表 3 に示す. 表 3 から $1-\alpha30$ が最小値, $1-\alpha60$ が最大値を示した. き裂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. 最大主ひずみ分布図を図 2 に示す. Wing Crack が $\alpha=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ の試験体で発生した. しかし, 角度が $\alpha=60^\circ$ より大きくなると Wing Crack は発生しなくなり, ずれを生じて発生したと考えられるせん断ひび割れが発生した. この 2 パターンのひび割れの詳細を図 3 に示す.



3.2 二き裂導入板

二き裂導入板の最大主ひずみ分布図を図 4 に示す. 二き裂導入板では, き裂間に図 5 に示すような 3 パターンのひび割れが確認された. このひび割れパターンは互いのき裂先端からの距離とき裂を繋ぐ角度 β に依存していることがわかる.

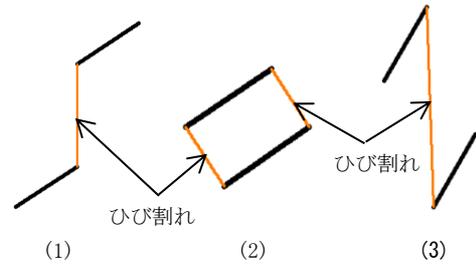


図 5 二き裂 ひび割れパターン

3.3 三き裂導入板

三き裂導入板の最大荷重を表 4 に示す. 表 4 の結果より, $\beta=120^\circ$ の試験体が他の試験体に比べて最大荷重が大きかった. これは, $\beta=120^\circ$ の試験体のき裂間の角度が広く, Wing Crack が繋がりにくい配置であったことが原因であると考えられる. これより, き裂の配置が最大荷重に大きく影響を与える事がわかる. 次に, 3-a30b90 における応力-ひずみ曲線および最大主ひずみ分布図を図 6 に示す. グラフ中の番号とひずみ分布図の番号は対応しており, 任意の点のひずみ分布を観察することができる. $\alpha=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ の試験体で, き裂部分からのひずみ集中が明確に見られ, 1 つ 1 つのき裂から独立して発生し, その後, そのひずみが他の部分と繋がるようにして破壊した. しかし, 図 7 に示す破壊後の最大主ひずみ分布図の結果より, 3-a60b90 以外の試験体では, き裂部分からのひずみ集中があまり見られず, それに伴い, ひび割れも試験体の端部から発生するが多かった.

表 4 三き裂 最大荷重

き裂角度 α/β	75°	90°	105°	120°
15°	8.3	8.0	7.3	9.8
30°	10.4	10.2	9.5	12.4
45°	7.4	11.2	8.3	9.3
60°	9.6	9.4	8.4	10.7

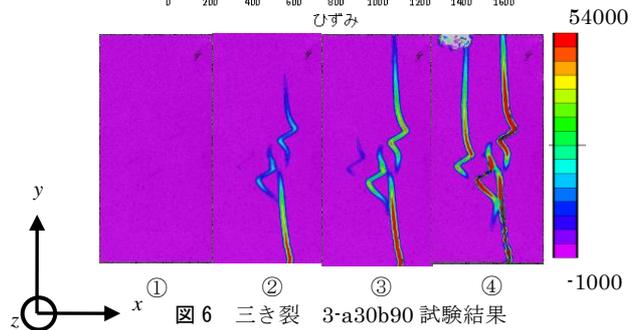
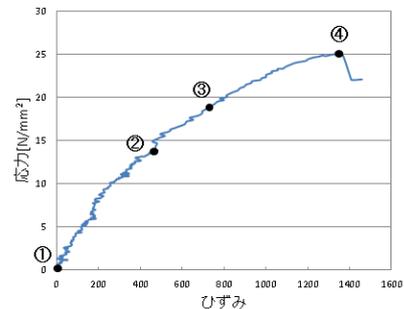


図 6 三き裂 3-a30b90 試験結果

4. まとめ

- ・一き裂導入板では, き裂角度が大きくなると最大荷重が大きくなる傾向があった.
- ・一き裂導入板では, き裂角度によって破壊パターンが変わることも確認できた.
- ・二き裂導入板では, 3 つのひび割れパターンが確認できた.
- ・三き裂導入板の $\alpha=60^\circ$ の一部の試験体を除いて, き裂 1 つ 1 つから独立してひび割れ発生を確認できた.

謝辞

本論文を作成するにあたり, JR 東海株式会社 前田 弦輝様(当時大学院)から, 丁寧かつ熱心なご指導を賜りました. ここに感謝の意を表します.

参考文献

1) Wong., R.H.C., Chau., K.T., Tang., C.A. and Lin, P.: Analysis of Crack Coalescence in Rock-like Materials Containing Three Flaws - Part I : experimental approach, *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, 38-7 (2001), 909-924.

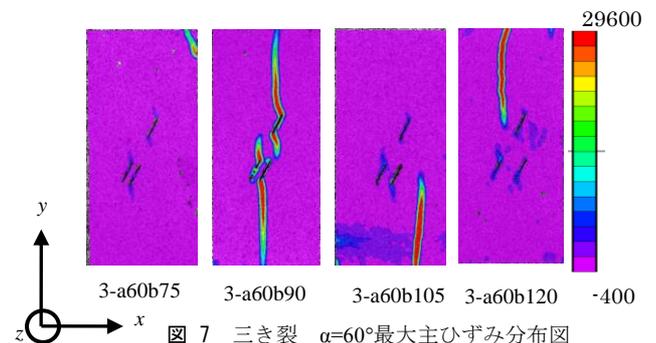


図 7 三き裂 $\alpha=60^\circ$ 最大主ひずみ分布図