一軸圧縮力を受ける欠陥を有する石膏板のひび割れ発生・進展に関する実験及び解析

長崎大学 正会員 松田 浩 森田 千尋

1. はじめに

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 ASR の ようなひび割れ発生要因の明確化,さらにはひ び割れ進展に対する防止対策等が検討されてい る.その際,コンクリート構造物の健全度調査に おいては,様々な要因で発生するひび割れの評 価が重要である.一方,ある劣化現象に対して対 象物にどのようにひび割れが発生し,時間・空間 スケールでどのように進展していくかについて, 実験と解析との整合性についての検討はあまり なされていないように見受けられる.

以上に鑑み,筆者等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,亀裂本数1 ~3本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てきた.本 研究では,線形弾性破壊力学に基づく解析によ る応力場と全視野ひずみ計測によるひずみ場の 実験結果の整合性について検討した.

2. 試験概要

本試験では, 亀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, 文献 ¹⁾を参考に一つの 亀裂を導入し, 亀裂角度を α とする. 試験体の概 略を図1に示す.

試験は 2000kN 万能試験機, 載荷速度はおよそ 0.1kN/秒で行った. 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 DICM を用い, 載荷開始から破壊ま 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.

3. 実験結果

最大主ひずみ分布図を図 2 に示す. Wing Crack が $a=15^{\circ}, 30^{\circ}, 45^{\circ}$ の試験体で発生した.しかし, 角度が $a=60^{\circ}$ より大きくなると Wing Crack は発 生しなくなり, ずれを生じて発生するせん断ひ び割れが発生した.また,最大主ひずみ分布図を 図 3 に応力ひずみ曲線を図 4 に示す.最大主ひ ずみ分布図と応力ひずみ曲線の図中の(a)~(d)が それぞれ対応している. 長崎大学大学院 学生会員 〇博多屋 智志 出水 亨 同済大学 非会員 趙 程 鲍 冲



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,線形弾性破壊力学 連絡先 〒852-8521 長崎県長崎市文教町1-14長崎大学文教キャンパス工学部1号館 TEL095-819-2590

4. 解析概要

ー軸圧縮下において,傾斜亀裂は I-II 混合モ ード破壊である.図 5 に亀裂先端の応力場の概 略図を示す.線形弾性破壊力学により,単一の亀 裂先端周辺の応力場は(1)式により与えられる. 応力拡大係数は(2)式で表される.さらに,亀裂 先端付近の最大主応力場,最大せん断応力場は (3)式,最大主ひずみ場,最大せん断ひずみ場は(4) 式より求められる.²⁾上式を用いて α=30°の試験 体を対象に解析を行った.

5. 解析結果

図 6 は(3),(4)式より求めた最大主応力場と最 大主ひずみ場の値をプロットしたものである. 図 6 の最大主ひずみ場より-150°,70°付近に主ひ ずみの最大値が存在することが確認できる.よ り亀裂周辺の最大主ひずみ場を詳細に示したも のが図 7 である.図 7 では亀裂先端部の-150°, 70°方向にひずみが大きくなっていることが表現 されている.この結果を,図 3 のひずみ領域と比 較すると同様のひずみ集中が確認できる.図 6 に 図 3 の主ひずみ分布図を拡大したものを表示し ている

6. まとめ

・一亀裂導入板では, 亀裂角度によって破壊パタ ーンが変わることが確認できた.

・解析により実験結果との比較を行うことで、 DICM の有用性が確認できた.

参考文献

- 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.
- C.Zhao, C.Bao, H.Matsuda,et-al : STUDY ON THE APPLICATION OF DIGITAL IMAGE CORRELATION METHOD ON EXPERIMENTAL RESEARCH OF BRITTLE ROCK CRACK PROPAGATION: Chinese Journal of Geotechnical Engineering , Vol.35,No.10,2015.3 PP1807-1814.

$$\begin{cases} \sigma_x = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \cos\frac{\theta}{2} \left[1 - \sin\frac{\theta}{2} \sin\frac{3\theta}{2} \right] - \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \sin\frac{\theta}{2} \left[2 + \cos\frac{\theta}{2} \cos\frac{3\theta}{2} \right] \\ \sigma_y = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \cos\frac{\theta}{2} \left[1 + \sin\frac{\theta}{2} \sin\frac{3\theta}{2} \right] + \frac{K_{II}}{\sqrt{2\pi r}} \sin\frac{\theta}{2} \cos\frac{\theta}{2} \cos\frac{3\theta}{2} \qquad (1) \\ \tau_{xy} = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \cos\frac{\theta}{2} \sin\frac{\theta}{2} \cos\frac{3\theta}{2} + \frac{K_{II}}{\sqrt{2\pi r}} \cos\frac{\theta}{2} \left[1 - \sin\frac{\theta}{2} \sin\frac{3\theta}{2} \right] \\ \begin{cases} K_I = -\sigma\sqrt{\pi a} \cos^2\alpha \\ K_I = -\sigma\sqrt{\pi a} \sin\alpha\cos\alpha \end{cases} \qquad (2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sigma_{1} = \frac{\sqrt{0.25K_{I}^{2}\sin^{2}\theta + 0.5K_{I}K_{II}\sin2\theta - 0.75K_{II}^{2}\sin^{2}\theta + K_{II}^{2}}}{\sqrt{2\pi r}} \\ + \frac{1}{\sqrt{2\pi r}} \left(K_{I}\cos\frac{\theta}{2} - K_{II}\sin\frac{\theta}{2} \right) \\ \tau_{max} = \frac{\sqrt{0.25K_{I}^{2}\sin^{2}\theta + 0.5K_{I}K_{II}\sin2\theta - 0.75K_{II}^{2}\sin^{2}\theta + K_{II}^{2}}}{G\sqrt{2\pi r}} \end{cases}$$
(3)
$$\begin{cases} \varepsilon_{1} = \frac{(1 + \nu)\sqrt{0.25K_{I}^{2}\sin^{2}\theta + 0.5K_{I}K_{II}\sin2\theta - 0.75K_{II}^{2}\sin^{2}\theta + K_{II}^{2}}}{E\sqrt{2\pi r}} \\ + \frac{(1 - \nu)}{E\sqrt{2\pi r}} \left(K_{I}\cos\frac{\theta}{2} - K_{II}\sin\frac{\theta}{2} \right) \\ \gamma_{max} = \frac{\sqrt{0.25K_{I}^{2}\sin^{2}\theta + 0.5K_{I}K_{II}\sin2\theta - 0.75K_{II}^{2}\sin^{2}\theta + K_{II}^{2}}}{G\sqrt{2\pi r}} \end{cases}$$
(4)



図 6 $\alpha = 30^{\circ} \sigma_1 \ge \varepsilon_1 \sigma$ 変化図

