

欠陥を有する鋼部材の全視野ひずみ計測

長崎大学 学生会員 ○ 杉原 泰亮 長崎大学工学部 正会員 松田 浩  
 長崎大学工学部 非会員 山下 務 長崎大学大学院 学生会員 神原 天鳴

1 はじめに

近年、道路橋の鋼製橋脚の溶接部に数多くの疲労き裂が発生し、社会問題となり、種々の非破壊検査法を用いた詳細点検が行なわれている。

鋼構造物の非破壊試験の手法には、磁粉探傷試験(MT)、アコースティック・エミッション試験(AET)などが用いられる。本研究は、レーザーと CCD カメラによる非接触かつ全視野計測が可能な電子スペックル干渉法を用いて、欠陥を有するアルミ板の引張り試験を実施し、得られたひずみ分布・応力分布から欠陥検知の可能性を検討したものである。

2 電子スペックル干渉法 (ESPI)

図-1のように2方向から照射された同一波長のレーザー光が対象物の粗面に当たり、粗面の各点で乱反射し、互いにランダムな位相関係で重ね合い干渉することによって、スペックルパターンと呼ばれる流動性の斑点模様が形成される。

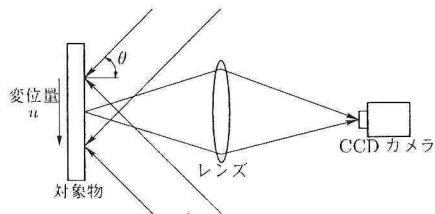


図-1:ESPIの光学系

図-1に示す光学系において、対象物に変化すると位相差が生じ、干渉強度の変化によりスペックルは明暗を変える。ここで、変形前図-2(a)と変形後図-2(b)のスペックルパターンの差画像を表示させると、明暗に変化のある位置は暗く、変化のない位置では明るいという図-2(c)に示すような干渉縞を得られる。ESPIでは、この縞をもとに変位を計算し、変位分布からひずみ分布や応力分布を計算するものである。

縞は位相差  $2\pi$  の間隔で形成されており、ESPIは微小区間の変位を連続的に検出し、継ぎ合わせることで大きな変位の計測を可能としている。

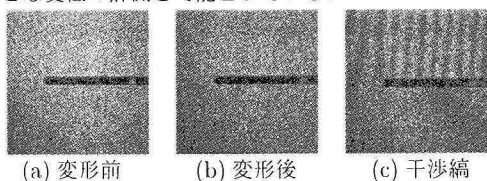


図-2:干渉縞の形成

3 計測結果

3.1 切り欠きを有するアルミ板

図-5に示す寸法の、アルミ合金製の切り欠きを有する試験片を用い、一軸引張試験を行った。図の斜線部分を計測範囲とし、表側からESPIで計測を行った。

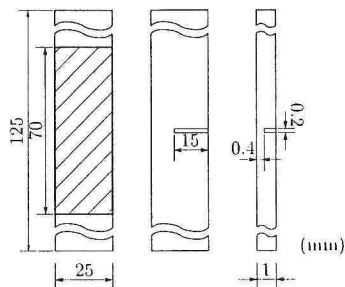


図-3:試験片寸法

引張試験において、切り欠き右端部分における荷重-ひずみ曲線を図-4に、また各過程における最大主応力分布図を図-5に示す。この分布図により、試験片に生じている応力集中を確認できる。応力集中は、弾性域における(a)点で切り欠き部分付近に斑点状に表れ始め、塑性域に達した(b),(c)点では、切り欠き部分に沿ってはっきりと表れている。これにより、試験片の裏側に施した切り欠きによる影響が確認できた。また、図-6に示すように破断面が左下へ向かっているのは、(b),(c)点に見られる左側の圧縮の応力集中が影響していると考えられる。

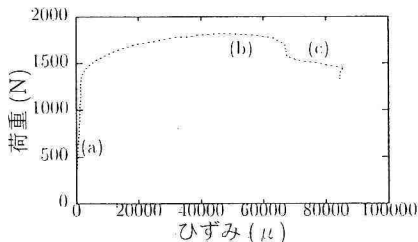


図-4:荷重-ひずみ曲線

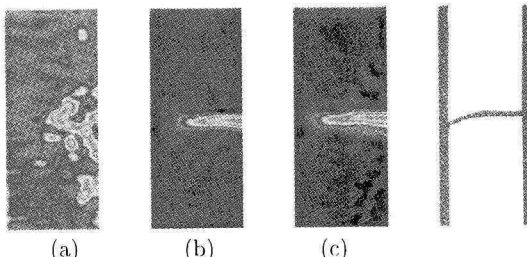


図-5:最大主応力分布

図-6:破断面

### 3.2 孔を有するアルミ板

図-7(a), 図-8(a), 図-9(a) に示す寸法の孔 (孔径 = 8mm,  $t=1\text{mm}$ ) を有するアルミ合金製の試験片を用い, 同様に一軸引張試験を行った. Cochrane-Smith の純幅を計算し, 破断面を予想したものを表に示す.

試験片	断面幅			予想破断面
	A-B (mm)	A-C-B (mm)	B-C-D (mm)	
試験片 1	34	33.5	44.8	A-C-B
試験片 2	34	42.9	42.9	A-B
試験片 3	34	56	44.8	A-B

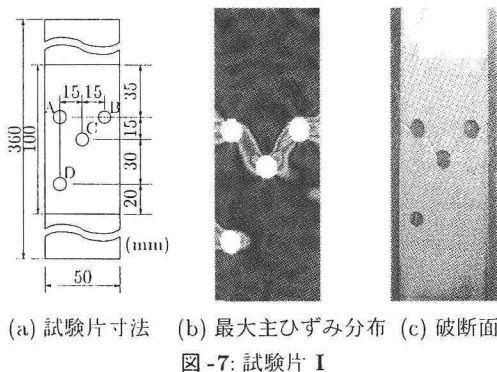


図-7: 試験片 I

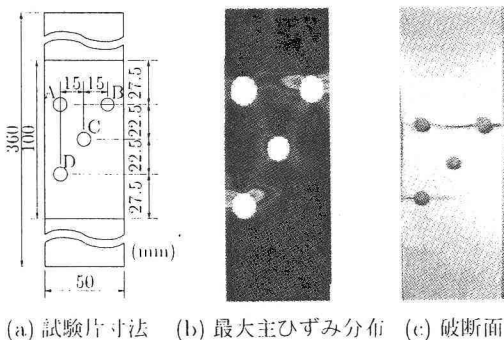


図-8: 試験片 II

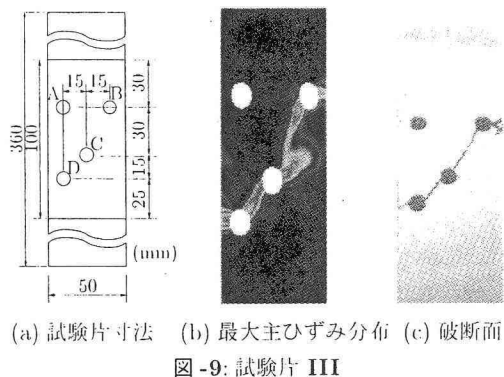
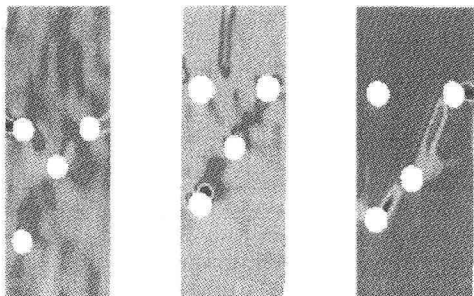


図-9: 試験片 III

試験片の寸法および実験の結果を図-7, 図-8, 図-9 に示す. (b) は ESPI により得られた最大主ひずみ分布を, (c) は破断面をそれぞれ示している. 試験片 I, II, III とともにひずみ分布と破断面が一致していることが確認できる. また, 円孔が与える応力集中への影響も確認することができた.

計算による理論破断面と比較すると, 試験片 I, II は最小純幅の断面で破断しているが, 試験片 III だけ最小純幅とは違う破断面で破断するという結果を得た.

試験片 I は孔 B からひずみの集中が始まり, 亀裂が斜め  $45^\circ$  に進展し, 孔 C を経て経路 A-C-B で破断した (図-7(c)). 試験片 II は孔 B, D の両方からひずみの集中が始まったが, 斜めではなく真横で破断した (図-8(c)). 試験片 III は試験片 II と同様に孔 B, D の両方にひずみが集中したが, 図-10 より, 試験片 III だけ B-C 間, C-D 間にせん断力が大きく発生しているために斜めに破断したと考えられる. (図-9(c))



(a) 試験片 I (b) 試験片 II (c) 試験片 III

図-10: せん断ひずみ分布

### 4 まとめ

切り欠きを有する試験片の一軸引張試験において, 弾性域において不連続部の発見が可能であり, かつ破断直前で破断面を予測することが可能であった.

孔を有する試験片においては, 分布図から破断の経過を追うことができ, 破断形式の違いを確認できた. 試験片 III においては Cochrane-Smith の計算式による理論値との相違を発見するに至った.

今後は, 孔を有するアルミ板の実験結果と計算値との比較検討を行い, 純幅の計算式の妥当性を確認し, また ESPI を用いて弾性域での劣化予測から, 実構造を模擬した鋼部材における計測を行い, 欠陥検知へ発展していく予定である.

#### ・参考文献

- 1) 高橋寛: フォトメカニクス, pp.157-174, 1997
- 2) 辻内順平, 黒田和男: 最新光学技術ハンドブック pp.505-521, 2002