

## 切欠きおよび孔を有するアルミ板の破壊挙動の非接触全視野ひずみ計測

長崎大学大学院 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 下郡 康二

## 1. はじめに

近年、高速道路の橋脚に疲労き裂が多数発見され社会問題となっている。補修・補強をする際に、目視によるき裂・欠陥の発見には限界があり、不可視の欠陥については非破壊試験による欠陥検知の必要性が問われている。

本研究は、切欠きや孔を有する鋼部材の引張試験を行い、同時に電子スペックル干渉法による非接触全視野ひずみ計測を実施し、得られたひずみ分布から欠陥検知の可能性について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可動性の斑点模様が形成される。

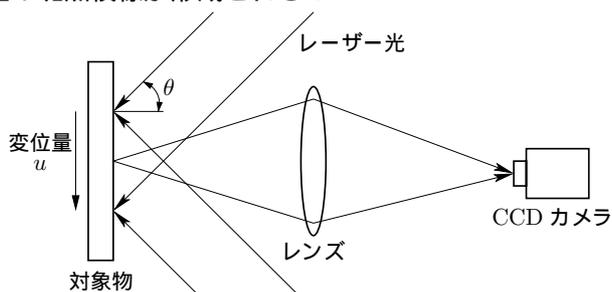
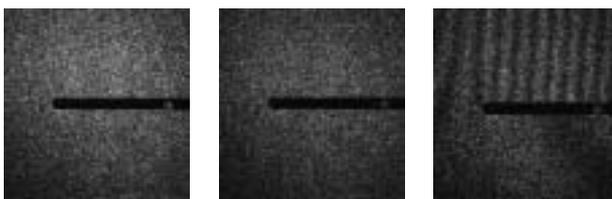


図-1: ESPIの光学系

図-1に示す光学系において、対象物が変形すると位相差が変化し、干渉強度の変化によりスペルは明暗を変える。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、明暗に変化のあるピクセルでは暗く、変化のないピクセルでは明るいという図-2(c)に示すように干渉縞を得られる。ESPIでは、この干渉縞が変位分布として表され、変位分布からひずみ・応力分布を計算することが可能となる。



(a) 変形前 (b) 変形後 (c) 干渉縞

図-2: 干渉縞の形成

## 3. 計測結果

## 3.1. 切欠きを有するアルミ合金板

図-3に示す寸法で、貫通していない切欠きを有する試験片を用い、一軸引張試験を行った。

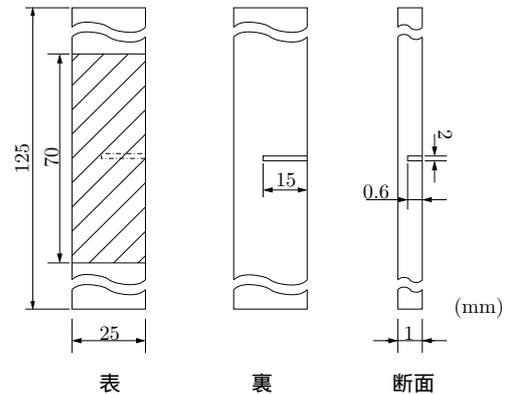


図-3: 試験片寸法

切欠き右端部分における荷重-ひずみ曲線を図-4に、また荷重段階における最大主応力分布図を図-5に示す。応力集中は、弾性域における(a)点で切欠き部付近に斑点状に現れ始め、塑性域に達した(b),(c)点では、切欠き部に沿って明確に現れてくる。また、切欠きの反対側には圧縮領域部が確認された。塑性化が進行するにつれて、曲げ変形状態になっているためである。弾性範囲の低荷重において、欠陥検知の可能性を示すことが確認された。

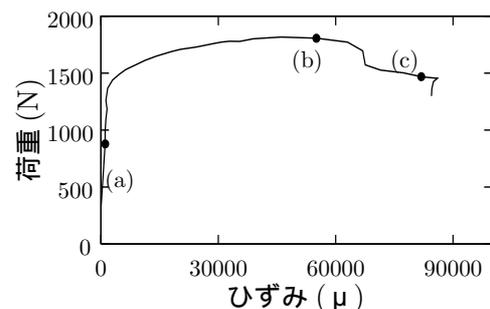
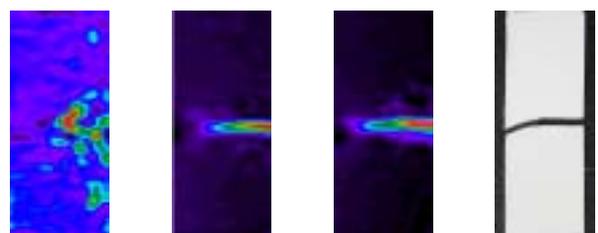


図-4: 荷重-ひずみ曲線



(a) (b) (c)

図-5: 最大主応力分布

図-6: 破断図

キーワード：スペックル干渉法、非接触全視野変位計測、欠陥検知、破断予測

〒852-8521 長崎県長崎市文教町1番14号 TEL:095-843-7204 FAX:095-843-7204

3.2. 孔を有するアルミ板

複数の孔（孔径=8mm,t=1mm）を有するアルミ合金製の試験片を製作し、切欠きを有する試験片と同様に引張試験を行った。ひずみ分布図から、破断予測の可能性を検討する。ボルトを千鳥状に配置する際に、純断面の考え方については古くから研究されてきたが、式(1)に示す Cochrane-Smith 式が通常用いられている ( $w_n$ : 純断面幅,  $w_g$ : 総断面幅,  $d$ : 孔径,  $s$ : 応力方向の孔のずれ,  $g$ : 応力直角方向のボルト線間距離)。

各試験片の寸法・弾性域における最大主ひずみ分布・破断図を図-7~9に、純幅の計算式により、载荷試験後の破断面を予想したものを表に示す。

$$w_n = w - \sum d + \sum \frac{s^2}{4g} \quad (1)$$

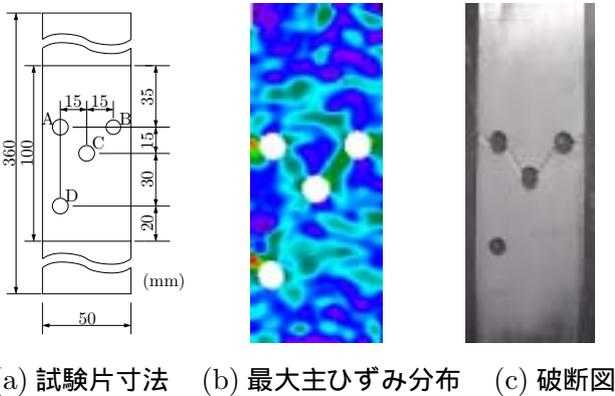


図-7: 試験片 I

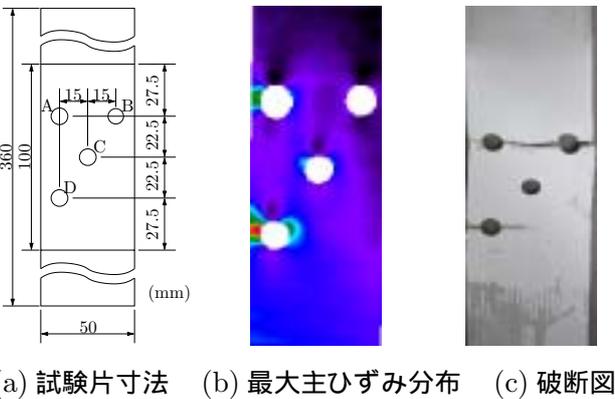


図-8: 試験片 II

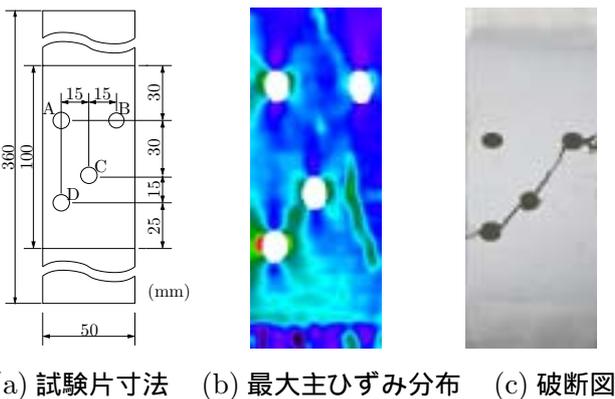


図-9: 試験片 III

表-1: 断面幅の計算値及び破断面

試験片	断面幅 (mm)			破断面
	A-B	A-C-B	B-C-D	
試験片 I	34	<u>33.5</u>	44.8	A-C-B
試験片 II	<u>34</u>	42.9	42.9	A-B
試験片 III	<u>34</u>	56	44.8	B-C-D

試験片 I,III では、弾性域における計測で得られたひずみ分布の集中と破断面が一致した。特に、試験片 III のように、予想破断面とは異なる面での破断を生じる際、弾性域のひずみの集中から、破断予測が可能であった。しかし、試験片 II では予測できなかった。

理論計算による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 は最小純幅とは異なる破断面で破断した。

試験片 I は孔 B からひずみの集中が始まり、き裂が斜め 45° 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、斜め方向に進行するのではなく、水平方向で破断した (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、斜め方向に破断した。図-10 に各試験片のせん断ひずみの分布図を示す。この結果から、せん断力が B-C 間, C-D 間に大きく作用したためにこのような破断を生じたと考えられる。

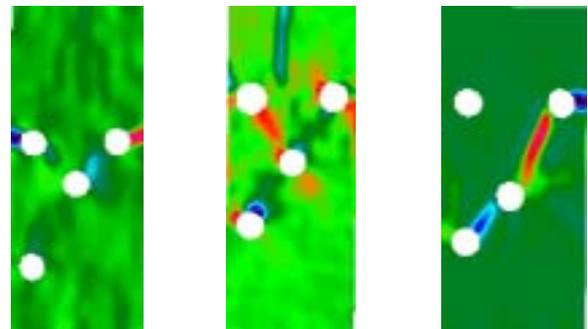


図-10: せん断ひずみ分布

4. まとめ

切欠きを有する試験片の一軸引張試験において、弾性域において不可視の切欠きの検知が可能であった。

孔を有する試験片においては、試験片の違いによる破断形式の違いを分布図から確認することができた。

Cochrane-Smith の計算式による理論値と異なる断面で破断が生じた試験片があったので、今後はさらに実構造を想定し、比較検討していきたい。

・参考文献

- 1) 高橋賞: 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