

電子スペックルパターン干渉法を用いた 欠陥を有するアルミニウム合金板の破壊挙動に関する実験的研究

長崎大学大学院 学生会員 ○古屋 瞬

長崎大学 正会員 松田 浩

1. はじめに

近年の鋼製橋脚隅角部等における疲労き裂損傷の顕在化を契機として、効率的・高精度な面的探傷技術の研究開発が望まれている。鋼溶接構造物の非破壊検査技術は、探傷技術としては、放射線透過試験等が用いられているが、いずれも欠陥が既に発生した後に試験する方法である。一方、ひずみを測定する方法としてはひずみゲージ法が主流である。ひずみゲージ法は、高精度だが定点計測値しか得られない、対象物に直接貼付する必要がある等の問題もあり、欠陥検知法としては課題が残る。そのため、非接触で全視野計測が可能である光学的計測法が注目されている。

以上に鑑み、本研究では高精度で全視野リアルタイム計測が可能である電子スペックルパターン干渉計測法(以後 ESPI)を用い、欠陥検知への適用可能性について検討した。

2. ESPI を用いた欠陥検知

不可視の欠陥を検知することを目的に、下記の種類の試験片を作製した。

試験片 B: 欠陥の無いアルミ板

試験片 C: 不可視の切欠きを有するアルミ板(図-1)

試験片 D: 不可視の孔を有するアルミ板(図-2)

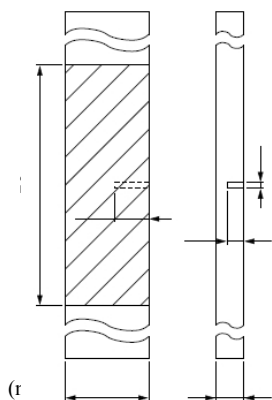


図-1 Cの寸法形状

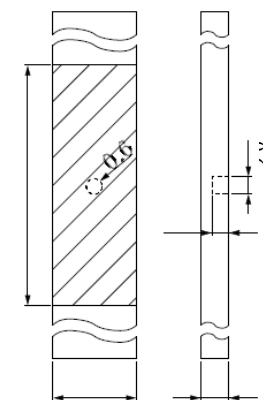


図-2 Dの寸法形状

2.1 切欠きを有する板の引張試験

図-1 に示すような切欠きを有する試験片 C を製作し引張試験を行った。計測範囲は寸法図の斜線部分である。欠き部は計測面に対して裏側に有しており、ESPI による各ひずみ・応力分布より不可視の異常を検知し、

同時に载荷開始から終局状態までのスペックル干渉縞の様子の観察をする。双方の関連性を見出し、弾性域における欠陥検知への適用を検討する。

一軸引張試験により得られた、荷重-ひずみ曲線を図-3 に示す。また、図-3 の(a)~(b)区間におけるスペックル干渉縞の変化を図-4 に示し、図5には主ひずみ分布を示す。また、本研究では、試験片 C と同寸法で欠陥を有さない試験片 B の引張試験も行い、切欠きの有無がスペックル干渉縞等に与える影響を観察した。干渉縞による比較および y 方向変位分布による比較を図-6 に示す。

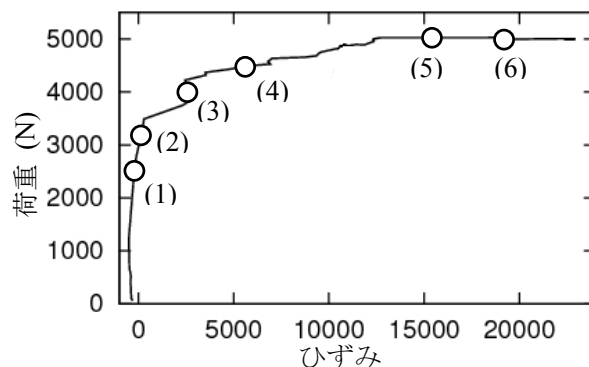


図-3 荷重-ひずみ曲線

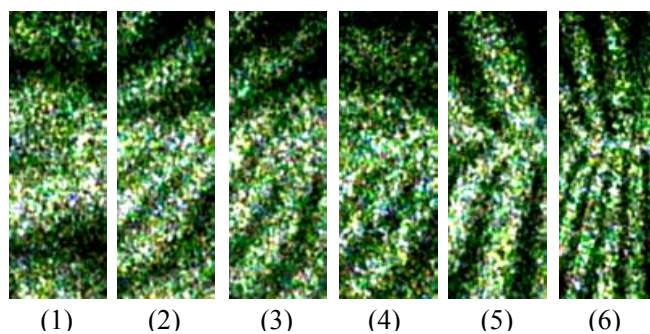


図-4 干渉縞

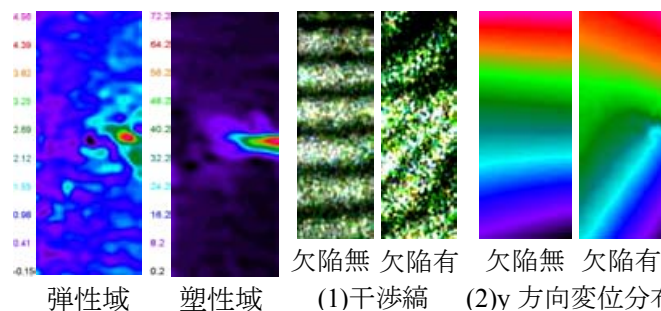


図-5 主ひずみ分布 図-6 欠陥の有無による違い

キーワード: 電子スペックルパターン干渉法 欠陥検知 一軸引張試験 アルミニウム合金 すべり帯

連絡先: 〒852-8521 長崎県長崎市文教町1番14号 Tel&Fax: 095-819-2590

最大主ひずみの分布において、図-5に示すように、弾性域から切欠き部分に集中が現れはじめ、塑性域に達すると切欠き部分に顕著に現れてくる。切欠きが無い試験片の場合、図-6(2)に示すようにy方向の変位分布は横縞である。したがって、図-6(1)に示すように、y方向の変位量のもととなるスペックル干渉縞に横縞が観察できないということは欠陥が生じていると考えられる。

スペックル干渉縞においては、図-1(1)より、弾性域において試験片の中央右側部のスペックル干渉縞が薄くなっている。これは、この部分の変位量が大きいためであり、欠陥が存在していることを示している。弾性限付近ではスペックル干渉縞が切欠き部付近で斜め方向に表示され、その後荷重が上がるにつれて、切欠きを中心に放射状に伸びていくことが分かる。

以上から、ESPIでの欠陥検知の可能性を示せた。

2.2 アルミのすべり帯の計測

アルミの塑性変形において、結晶間にすべりが生じ表面にすべり帯が現れる。ESPIを用いてこのすべり帯を計測し、切欠きの有無によるすべり帯の変化を観察した。図-2に示すような孔を有する試験片Dを製作し引張試験を行った。まず、欠陥が無い試験片Bの塑性変形中のスペックル干渉縞の変化を示す。なお、このスペックル干渉縞中の白い帯が先ほど述べたすべり帯である。

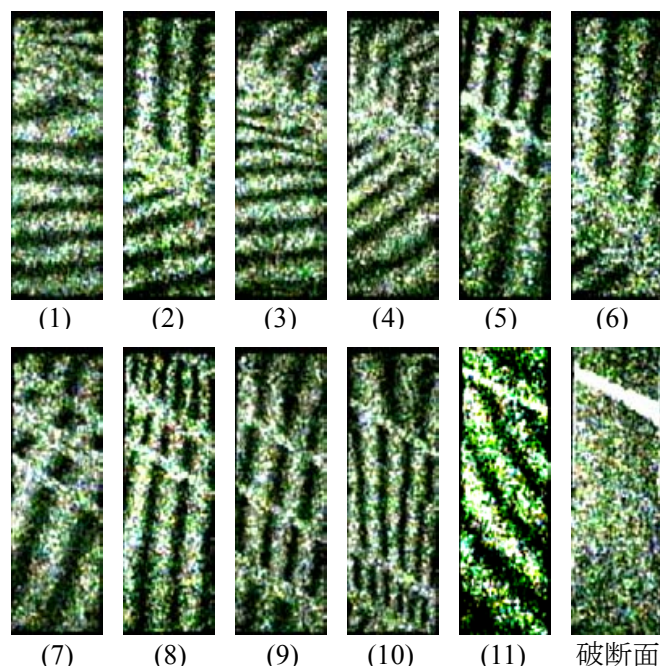


図-7 試験片 B のスペックル干渉縞

欠陥が無い試験片 B において弾性限を過ぎると、図-7(1)~(5)に示すように試験片上部から下方へすべり帯が移動する現象を捉えることができた。すべり角は一定であり、特定の箇所に集中してすべり帯が生じることはなかった。

次に孔を有する試験片Dの塑性変形中のスペックル干渉縞の変化を示す。

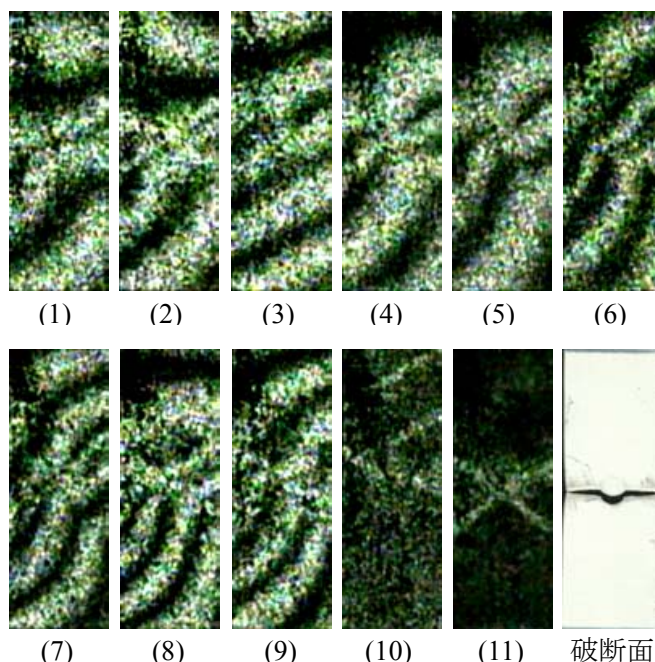


図-8 試験片 D のスペックル干渉縞

切欠きを有する試験片Dにおいては、常に試験片中央の切欠き部にすべり帯が発生していた。切欠き部のすべり帯は他のすべり帯とは異なるすべり方向で発生することが確認できた。また、破断前になるとすべり帯が切欠き部を中心にすべり帯が交差する減少を捉えた。

このように、ESPIを用いることで鋼材のすべり帯を計測することができ、孔の有無によるすべり帯の変状を捉えることができた。

4. まとめ

- (1) 欠陥はスペックル干渉縞のみでも位置を特定可能で、非接触かつリアルタイムでのモニタリングの可能性が確認された。
- (2) 欠陥が無い場合のスペックル干渉縞は、弾性域では横方向に一樣に発生する。欠陥が有る場合のスペックル干渉縞は、弾性域においても欠陥箇所で乱れ斜め方向に表示される。
- (3) ESPIですべり帯の可視化が可能であり、欠陥の有無がすべり帯に及ぼす影響も確認できることがわかった。

参考文献

- 1) 加藤和彦: イラストで学ぶ非破壊試験入門, 日本非破壊検査協会, 2002
- 2) 豊岡了, マジャロバ・ヴィオレッタ, 門野博史: 動的ESPIの和差法による高精度位相解析 日本実験力学学会講演論文集, pp.271-274, 2002. 九州大学応用力学研究