

Hole

# Drilling法による残留応力測定的确立および応力拡大係数の実験的決定に関する基礎研究

|       |                                                                                             |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| メタデータ | 言語: jpn<br>出版者:<br>公開日: 2017-10-05<br>キーワード (Ja):<br>キーワード (En):<br>作成者:<br>メールアドレス:<br>所属: |
| URL   | <a href="http://hdl.handle.net/2297/16382">http://hdl.handle.net/2297/16382</a>             |

|            |                                                                       |
|------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 氏 名        | 川 岸 雄 一                                                               |
| 生 年 月 日    |                                                                       |
| 本 籍        | 石川県                                                                   |
| 学 位 の 種 類  | 博士 (工学)                                                               |
| 学 位 記 番 号  | 博甲第423号                                                               |
| 学位授与の日付    | 平成13年3月22日                                                            |
| 学位授与の要件    | 課程博士 (学位規則第4条第1項)                                                     |
| 学位授与の題目    | Hole Drilling 法による残留応力測定的确立および応力拡大係数の実験的決定に関する基礎研究                    |
| 論文審査委員(主査) | 廣瀬 幸雄 (理学部・教授)                                                        |
| 論文審査委員(副査) | 佐々木敏彦 (教育学部・助教授) 安達 正明 (工学部・教授)<br>黒堀 利夫 (教育学部・教授) 平嶋 健一 (山梨大学工学部・教授) |

## 学 位 論 文 要 旨

### ABSTRACT

The hole drilling method is a well established technique for measuring residual stresses in a wide range of materials. In this study, a new method with two holes based on the elastic stress concentration by successive interactions of the neighboring holes is proposed for the case of anisotropic materials. And, in order to improve the measurement accuracies of hole drilling method, several numerical results are shown in two cases such that radial strains and tangential strains around the circular hole are detected, by consideration of strain variation in the finite region of each gage area.

The optical method of caustics is a useful technique for determining the stress intensity factor  $K$ . In this study, the method of caustics is examined for a highly orthotropic unidirectionally reinforced carbon-epoxy composite under mode I loading by using a coating technique, and the results are compared with those of finite element analysis. Further, the stress intensity factor for a crack along the bimaterial Interface has been also measured by the method of caustics. The effect of initial curve for the measurement accuracy is examined.

本研究では、Hole Drilling法 (HD法) による残留応力測定的确立を目的とし、近接した2つの孔の相互干渉を利用した応力測定法を提案し、また孔周辺のひずみ場によるひずみゲージ領域内でのひずみ変化を考慮した解析理論を提示した。また同時に破壊力学上重要なパラメータである応力拡大係数 $K$ に着目し、その実験的決定に関してコースティックス法を用い、 $K$ 値決定法およびその測定精度に及ぼす種々の因子について検討を行い、その妥当性を明らかにし、さらにき裂先端の応力場について考察を行った。本研究で得られた主要な成果について以下にまとめる。

第1章においては、HD法による残留応力測定およびコースティックス法による応力拡大係数の測定に関するこれまでの研究の流れを整理することを通じ、本研究論文の位置付けおよびその目的について明らかにした。

第2章においては、近接した2つの孔の相互干渉による弾性的な応力集中を利用した応力測定法（Double Holes Drilling法）の測定理論に関して、2次元残留応力下での異方性弾性材の場合にも適用拡張を図るために、複素関数論に関する弾性解を用いた、Double Holesの感度係数に関する高精度の弾性解を提示した。この手法によると、2次元残留応力の3成分を決定することができる。また本手法では1つのゲージに対して2回まで測定を行うことができ、2重の確認が可能である。しかし、本章で示したひずみの値はゲージの中心部での値であるのに対して、実際にゲージで検出されるひずみ値はゲージ領域全体に渡っての平均値であるため、両者の値が必ずしも一致していないという検討課題がある。

第3章においては、Hole Drilling法の測定精度の改良または第2章での検討課題の解決を目的として、等方性材料および直交異方性材料に各座標軸方向の一樣な残留応力を与えた場合の、各ゲージ位置での半径方向のひずみと接線方向のひずみを有限なゲージ領域内のひずみ変化を考慮して求め、検討を行なった。まず各ゲージ位置での半径方向のひずみと接線方向のひずみを求め、どちらのひずみを検出した方がより高精度の結果を得ることができるかについて検討した結果、孔境界がゲージに近づくにつれて、半径方向よりも接線方向のひずみを検出した方が測定精度向上に有効であることがわかり、また各ゲージの中心位置の1点のみにおける見かけ上のひずみ値で応力評価をするのではなく、ゲージ領域内を細分化し、その各々のひずみを求めて後、その領域全体のひずみの平均値を計算して処理する必要性が示された。さらに、実際に鉄鋼材料を用いて実験を行ない、本研究で行った有限なゲージ領域内におけるひずみ変化を考慮した解析理論の妥当性を示すことができた。

第4章においては、表面反射型コースティックス法を用いて直交異方性CFRP積層材の応力拡大係数の測定を行い、2次元有限要素解析より求めた理論値と比較することで、直交異方性CFRP積層材にもコースティックス法は適用可能であり、測定時の $r_0$ が本研究で求められた $r_0^{\min}$ より大きい範囲において正確な応力拡大係数の測定が可能であるとわかった。また、直交異方性CFRP積層材の場合の $r_0^{\min}$ の大きさは板厚の半分程度となり、従来の等方性材料の場合と同じ傾向が得られた。さらに、初期曲線が測定精度に及ぼす影響について着目し、その測定精度を2次元および3次元有限要素解析より求めた面外変位分布と比較し、検討を行ったところ、切欠き先端ごく近傍では、両者の間に違いが見られ、その領域は $r_0^{\min}$ とほぼ一致した。

第5章においては、透過型コースティックス法を用いて、材料定数が異なる材料の組合せがK値の測定精度に及ぼす影響について検討を行ったところ、コースティックス法は同質および異質材の接合界面にき裂を有する試験片に対しても応力拡大係数を測定する上で有力な光学的手法であり、有効な測定ができるのは、像の最大直径Dを用い、かつ測定時の初期曲線 $r_D$ が本研究で得られた $r_D^{\min}$ よりも大きい場合であることがわかった。また $r_D^{\min}$ の値は同質材の場合は板厚の半分程度であり、異質材の場合はヤング率比が1より離れるほど小さくなり、さらに異材接合界面上のき裂先端近傍に存在する3次元応力場の大きさは、ヤング率の小さな材料の方が大きくなり、ヤング率の大きな材料の方が小さくなる傾向にあることがわかった。

最後の第6章においては、本研究で得られた主要な成果をとりまとめるとともに今後の研究の方向性について述べた。

以上より、本研究においてはHole Drilling法による残留応力測定に関して、近接した2つの孔の相互干渉を利用した応力測定法の提案、またひずみゲージ領域内でのひずみ変化を考慮した解析理論を提示を行った。また応力拡大係数K値の実験的決定に関してコースティックス法の直交異方性材料および異材接合材料への適用の妥当性についてまとめることができた。したがって本研究は、工学分野におけるHD法による残留応力測定およびコースティックス法による応力拡大係数測定に大きく貢献できたものと思われる。

## 学位論文審査結果の要旨

各審査員によって、さきに提出された学位論文ならびに学位申請書類を個別に審査し、平成13年1月31日に開催した口頭発表の内容をふまえ、同日審査会を開催し協議した結果、以下の通り判定した。

本論文は、Hole Drilling法による残留応力測定的确立を目的とし、近接した2つの孔の相互干渉を利用した応力測定法を提案し、また孔周辺のひずみ場によるひずみゲージ領域内でのひずみ変化を考慮した解析理論を提示したものである。本論文の内容および成果は、次の2点に要約される。

- 1) 近接した2つの孔の相互干渉による弾性的な応力集中を利用した応力測定法の測定理論に関して2次元残留応力下での異方性弾性材の場合にも適用拡張を図るために複素関数論に関する弾性解を用いた Double Holes の感度係数に関する高精度の弾性解を提示した。
- 2) 等方性材料および直交異方性材料に各座標軸方向の一樣な残留応力を与えた場合の各ゲージ位置での半径方向のひずみと接線方向のひずみを有限なゲージ領域内のひずみ変化を考慮して求め、検討を行った。

これらの成果は、Hole Drilling法による残留応力測定の測定精度向上に大きく貢献しており、工学的にも有益な結果が得られている。これらの一連の研究で得られた知見は材料物性における工業材料の強度評価において非常に有益であると確信できる。

以上、本論文は十分に博士の学位論文に値するものと考え審査員一致で合格と判定する。