



|              |                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title        | 音弾性法による残留応力測定材料評価に関する研究                                                                                                                                                                                                                                              |
| Author(s)    | 小堀, 修身                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Citation     | 大阪大学, 1994, 博士論文                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Version Type |                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/38584">https://hdl.handle.net/11094/38584</a>                                                                                                                                                                                  |
| rights       |                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Note         | 著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"&gt;https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> >大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。 |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名 小 堀 修 身

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 1 1 0 9 3 号

学 位 授 与 年 月 日 平 成 6 年 2 月 18 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第4条第2項該当

学 位 論 文 名 音弾性法による残留応力測定材料評価に関する研究

論 文 審 査 委 員 (主査)  
教 授 福岡 秀和(副査)  
教 授 小倉 敬二 教 授 小坂田宏造

## 論 文 内 容 の 要 旨

固体中を伝播する超音波の伝播特性（音速，偏り方向）が固体の応力に依存して変化する現象を音弾性効果と呼んでいる。これを利用した応力測定法（音弾性法）は，実物試験が可能であり，偏った2つの横波のほかに縦波に対しても応力の効果を測定して，応力成分を分離できるなどの利点を有するが，これまでの応力解析法と比べて最も注目される点は，残留応力の非破壊的測定が可能と考えられることである。理想的な等方性材料であれば，残留応力は，主として横波の複屈折測定から非破壊的に求めることが出来る。

一般の多結晶金属材料は，通常は等方性体と見なせるものであっても，加工や熱処理に依存する集合組織の存在によりある程度の弾性異方性（組織異方性）を示し，異方性のタイプ，程度（強度）は塑性変形や熱処理によって集合組織が成長（変化）するにつれて変化する。この弾性異方性は一般に程度は弱い超音波の音速と偏りに伝播方向依存性をもたらす。一方応力による伝播速度の変化も小さく異方性の効果と同程度であるため，音弾性測定結果には，一般に応力による効果と弾性異方性による効果が含まれる。非破壊的な残留応力測定のためには，音速変化に含まれる両効果の分離すなわち弾性異方性効果の消去方法が重要な課題となっている。

固体中の音速は，固体の温度によっても変化する。実験によれば鋼中を伝わる横波音速が，温度1℃の上昇に対して約0.45m/s低下する。この音速変化は，音弾性効果によれば20MPa程度の応力に相当するので，応力測定のためには，この温度による音速変化は無視できない。さらに音速は温度・応力の積にも依存して変化する予想される。これは応力－音速係数（すなわち音弾性定数）の温度依存性を意味するがこれに関する研究は充分行われていない。

この論文では，まずこの音弾性効果の温度依存性について検討した。縦波および横波の音速は温度に比例して変化し，音速変化に及ぼす温度の効果は応力の効果よりも大きい。さらにまた，音弾性定数が温度に依存して変化することを実験的に示した。次に曲げ応力，焼きばめの残留応力，などの具体的応力測定について述べた。ここでは，応力分布の対称性を利用した主応力差の非破壊的測定も有効となることを示した。また組織異方性と主応力の両主軸方向が異なる一般の場合には，音速差と偏り方向の測定から主応力差と主応力方向が決定できることを示した。

他方，音速変化に含まれる弾性異方性による効果を積極的に利用する立場も存在する。すなわち弾性異方性による

音速変化から、塑性変形に伴う集合組織を非破壊的に評価しようとするものである。この論文では基本的な塑性変形にともなう弾性異方性の変化・進展を定量的に把握しようとした。そのため試料に引張や圧縮の塑性変形を与えて、縦波および2つの横波の音速変化を測定した。その結果塑性変形による弾性異方性は弱い平面等方で近似され、塑性ひずみに比例して平面等方が成長することを、実験的に確かめた。また初期異方性と塑性変形によって成長する平面等方が合成されて、新たな異方性を呈することを示した。これは応力測定とは別に、集合組織や塑性異方性などの材料評価法として有効となる。

## 論文審査の結果の要旨

機械部品あるいは機械構造物に残留応力が存在すると、設計応力以下の荷重を受けている場合でも、残留応力と重なって、実際には破断応力に近い応力が生じていて危険な状態になっていることがある。また逆に、最初から使用応力と逆の符号の残留応力を与えておいて設計応力の範囲を広げておくというように残留応力を有効に利用することもある。いずれにしても残留応力を非破壊的に評価することは安全上非常に重要なことである。最近、音弾性と呼ばれて、超音波を用いて応力を測定する方法が開発されつつある。これは応力が存在することにより弾性波の伝播速度が変化することを利用するものである。この測定法の問題点として、多結晶金属材料の集合組織による異方性の影響と音弾性効果の温度依存性がある。前者は集合組織による異方性もまた音速に影響を与えるというものである。本論文では、まず、音弾性効果の温度依存性について検討を行い、音弾性定数は温度に比例して変化することを実験的に確かめた。例えば軟鋼にたいしては温度1度の変化は音弾性効果にして20MPa程度の応力に相当することを明らかにした。また、曲げ応力、はめ込み円板の残留応力および塑性域を有する焼きばめ試料の残留応力を音弾性法で測定すると共に歪ゲージ法などの慣用の測定法による結果と比較して良好な結果を得た。これらの測定においては、異方性の効果を分離するために初期状態の測定も併用しているが、応力分布の対称性や主応力方向があらかじめわかっている場合には、残留応力の非破壊測定が可能であることを示している。さらに、塑性変形にともなう集合組織による異方性の変化を定量的に評価するため、10%までの圧縮塑性変形を与えた場合についての実験を行い、異方性は弱い平面等方で近似され、塑性ひずみに比例してこれが成長することを明らかにした。また、初期異方性と塑性変形によって成長する平面等方が合成されて、新たな異方性が形成されることを見いだした。以上のように、本論文は、音弾性法が残留応力の非破壊評価に利用できることを明らかにし、機械部品あるいは機械構造物の安全性の評価に寄与するところは大きく博士論文として価値あるものと認める。