

氏名	寺石稔 てら いしみのる
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第301号
学位授与の日付	昭和44年9月24日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	超音波減衰による非破壊検査の基礎的研究
論文調査委員	(主査) 教授 榎木義一 教授 明石一 教授 得丸英勝

### 論文内容の要旨

この論文は、金属材料中を伝播する超音波が、材料内部のいろいろな微視的挙動に関連して減衰するという現象に着目し、逆にその減衰のようすを調べることによって、金属材料の物理的性質あるいは機械的性質などを非破壊的に検知できるかどうかを考察したもので、三部により構成されている。

第Ⅰ部では、第1章序論において本研究の動機および目的を述べ、第2章で超音波の定義を行なっている。そして本研究では取り扱う対象が固体であるから固体中の音波の伝播に重点を置き、超音波減衰法の立場から、音響工学的基礎理論を述べている。

第3章は、本研究のために試作した超音波減衰測定装置の原理およびその構成について詳述している。そして減衰定数の測定方法を解説し、特に炭素鋼中の減衰定数測定に対する信頼性を考察している。

第4章は、本研究の根本である炭素鋼中における減衰の原因、すなわち、磁性に基づく磁壁の運動によるもの、移動可能な転位の運動によるものおよび結晶粒子の大きさに関係した散乱によるものについて述べている。

第5章は、第Ⅰ部を総括したものである。

第Ⅱ部は8章からなり、超音波減衰法により炭素鋼の静的諸性質の基礎的考察を行なっている。

第1章序論は、第Ⅱ部の目的および概要を述べている。

第2章は、試料の超音波入射面の仕上げ状態が、減衰定数のばらつきにどのような影響があるかを調べている。その結果、JIS 表面あらさ25—S 以下の範囲で、ほとんど無関係であることを示している。

第3章は、本研究において取り扱う試料が炭素鋼であるので、化学組成の主成分である炭素含有量と減衰定数との関係を調べ、周波数特性における極小値が、炭素含有量の増大とともに周波数の低い方へ移動する結果を求めている。

第4章は、結晶粒子による散乱減衰を調べるために、アームコ鉄の粒子直径の異なった試料を作り、散乱の影響がどの程度の割合をしめるかを実験的に求め、これと理論値との比較検討をしている。その結

果、3Mc では5%程度以下であることを示している。

第5章は、炭素鋼は引張応力を加えた場合、減衰定数がどのような関係にあるかを調べ、比例限度内では、応力と減衰定数とは逆比例する結果を得ている。この場合、原因として磁壁の運動によるものとしての、理論的にその妥当性を示している。

第6章は、炭素鋼の低温ぜい性を調べたものであって、0°C から-180°C の範囲で減衰定数と温度との関係を求めた結果、ちょうど衝撃値の吸収エネルギーと同じように-60°C から-80°C 付近において急激に減少する遷移領域が存在することを明らかにしている。

第7章は、炭素鋼を塑性加工した場合、そのひずみ量と減衰定数との関係、そして加工した炭素鋼を焼なました場合、その焼なまし温度と減衰定数との関係を調べている。その結果、(1) 塑性ひずみが3~4%付近で内部応力が最大になる。(2) 時効硬化により転位が最も安定した状態になるのは、焼なまし温度が300°C 付近ある。(3) 回復の完了は、焼なまし温度が600°C 付近であると推論している。

第8章は、第Ⅱ部を総括したものであって、炭素鋼の静的な種々の性質に対して、超音波減衰が非常に敏感であり、非破壊検査に応用できる可能性が十分あることを示している。

第Ⅲ部は、超音波減衰法による炭素鋼の動的諸性質の基礎的考察を行なったものであって5章より構成されている。

第1章序論は、第Ⅲ部の目的である炭素鋼の疲労についての理論的概念を述べ、超音波減衰法によって、疲労の進行状態が推定できる可能性を示している。

第2章は、四種類の炭素鋼に対し片振引張応力の繰返しによる疲労試験を行ない、疲労の進行と超音波減衰との関係を求め基礎的な考察を行なっている。その結果、疲労の進行とともに減衰定数は一度減少し、極小値を示して後増加し、破断前に再び減少する傾向があることを明らかにしている。そしてこれらの原因を考察するために、力学モデルを提案し理論的にも検討している。

第3章は、片振引張応力の繰返しにより疲労した炭素鋼の遷移温度が、疲労の進行に伴ってどのように変化するかを常温から-120°C の範囲で調べている。その結果、疲労の進行に伴って遷移温度は上昇し、その上昇の割合は最大応力が大きいほど大きくなることを示し、Orowan の理論によりその妥当性を考察している。

第4章は、実際に使用されている機械構造物の疲労は、不規則な振幅の繰返し応力によることが多いので、その応用例として、鉄道用レール、電車の車軸および5トンデリッククレーンの上部回転軸について、疲労と減衰定数との関係を調べたものである。その結果、不規則に変動する応力によって疲労する実際の機械構造物に対しても、十分適用できることを示している。

第5章は、第Ⅲ部の総括であって、今後さらに多くの実験を積み重ねることにより、定量的に測定できるようにすれば、非破壊的に疲労寿命を十分な精度で推定し、疲労破壊による事故を未然に防ぐことが出来ることを示している。

## 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

工学の分野では金属の探傷に超音波が使用されている。また、最近物性論の分野では、物質の弾性率や

エネルギーの吸収、音速などの測定が超音波に行なわれ、これらの結果に対する理論的な解析も試みられている。これは超音波が金属の微視的な挙動に対し、非常に敏感であり、取り扱い方法が簡単であるという特徴を有しているからである。

本研究はこのことに着目して、超音波を単に探傷のみに用いるのではなく、応用範囲を拡大し、物質の一つの非破壊検査法として用い、物性論の分野で研究されている物質の微視的な諸性質に関する結果を、超音波減衰を通じて巨視的な材料試験に結びつけようとしたものである。

試料としては、実用材料である炭素鋼を取りあげ、超音波減衰と引張応力との関係、低温ぜい性との関係、加工硬化および回復との関係、疲労との関係および疲労に伴う遷移温度の変化との関係などについて詳細な実験を行ない、超音波減衰の原因を考察することによって、興味深い解釈を与えるとともに、非破壊検査の可能性を明らかにしている。

特に疲労との関係については、試料の力学的挙動を表わす力学モデルとして、ばねとスライダを組み合わせた興味ある新しい力学モデルを提案し、疲労の進行による物質の微視的な構造変化に対応させたこの力学モデルの定数を考慮するとき、疲労の進行に伴う減衰定数の特有な傾向が説明できることを示している。さらに、実際の不規則な応力振幅による疲労にも、これらの結果が適用できることを応用例により示し、疲労の進行状態が推定できることを明らかにしている。

以上のように本論文は、炭素鋼の機械的ならびに物理的性質の研究に対し、超音波減衰による非破壊検査法という手法を提唱し、その基礎的な体系をつくったもので、学術上ならびに工業上寄与するところが少なくない。よって本論文は工学博士の学位論文として価値を有するものと認める。