

|             |                             |             |             |        |
|-------------|-----------------------------|-------------|-------------|--------|
| 氏 名         | なが<br>長                     | しま<br>嶋     | かず<br>和     | お<br>雄 |
| 学 位 の 種 類   | 博 士                         | (工 学)       |             |        |
| 学 位 記 番 号   | 博 甲                         | 第 21 号      |             |        |
| 学位授与の日付     | 平成 4 年 3 月 25 日             |             |             |        |
| 学位授与の要件     | 学位規則第 4 条第 1 項該当            |             |             |        |
| 研 究 科・専 攻   | 工芸科学研究科情報・生産科学専攻            |             |             |        |
| 学 位 論 文 題 目 | ホイールローダ荷役・構造部の実験的強度評価に関する研究 |             |             |        |
| 審 査 委 員     | (主査)                        |             |             |        |
|             | 教 授 菅 野 昭                   |             |             |        |
|             | 教 授 中 西 博                   | 教 授 山 本 鎮 男 | 教 授 矢 田 順 三 |        |

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、苛酷な負荷条件の下で使用される建設機械・積込機的一种であるホイールローダについて、その合理的な強度設計・製作を最終目的とするもので、特にその主要部をなす荷役部及び構造部に着目して、新たな強度評価（疲労寿命予測）法を確立するものである。

内容は以下に述べる 3 部の研究成果から成り、いずれも独創的であるとともに、学術的に体系付けられている。すなわち、

第 1 部（第 2 章及び第 3 章）では、まず強度評価に際して基本となるホイールローダ各部の負荷条件を明確にするため、積込作業時すなわち実稼働時に作用する応力（ひずみ）波形を、電気抵抗ひずみ計によって計測した。

次に、本供試体全面の応力分布を把握するため、本論文では全面（全視野）型の応力解析法である応力塗料膜法の適用を試み、その際必要な塗料膜の基礎的特性及び応用技術に関する追究を行った。すなわち、この塗料膜では通常 700～800 マイクロストrein 以上のひずみ領域では、確実に塗膜き裂模様が得られ（このひずみ値をひずみ感度という）、応力解析を行うことができる。しかし、鉄鋼材料の疲労強度を対象とする場合は、更に低いひずみ領域を測定することが要求され、上記のひずみ以下でも塗膜き裂が入るような、いわゆるひずみ感度・増感法を研究・開発することが不可欠となる。したがってここでは、応用範囲が広く、これまで系統的に追究されていない冷却増感法に着目し、一連の研究を行った。まず、

応力塗料膜試料に空冷、水冷及びその他の方法によって温度差を与え、その際の熱応力によるひずみ感度の向上すなわち増感効果を、各冷却条件の下で詳細に求めた。また、塗布される供試試験片の材質や厚さ寸法を変えて、その影響をも検討した。

さらに引続いて、塗料膜の熱的諸量、粘弾性特性値及び冷却曲線を求め、解析を行った。その結果、この増感効果は冷却時に生ずる塗料膜の熱応力と、同時に進行するその応力緩和の相乗効果によるこ

とが見出された。

この第1部の内容は、それ自身でも一つの学位論文型式をなすほどであり、この増感に関する成果は、現場の大型機器にも直ちに適用され、今後応用範囲を急速に拡大するものと期待される。

第2部(第4章)では、基本計画及び設計時にしばしば用いられる相似模型実験法を、応力塗料膜とともに、ホイールローダに適用し、その有用性を明らかにすることを試みている。すなわち、

周知のように、ホイールローダ各要素は力学的に単純な形状のもののみでなく、一般の材料力学や構造力学では解析が不可能である場合が多多ある。また、種類の仮定を含む諸式による結果を、そのまま用いることには若干の疑義が残る。このような場合、弾性相似模型による解析法は、少ない費用で設計・製作前に基本的なデータが得られるので、大変有用である。また、有限要素法やその他の数値計算を行う場合でも、計算時の仮定や結果が合理的であるかどうかを、評価することが可能である。

以上の理由からここでは、まず安価で加工性に富むプラスチックモデル(アクリル樹脂製、スケール1/2)を製作した。次いで、弾性相似則に従って負荷(重錘式)を与え、各負荷レベルごとに、応力塗料と電気抵抗線ひずみ計を併用して、解析を進めた。なおこの際、応力塗料膜法には、前述の冷却増感法が活用されていることを付記する。また同時に、本模型に3次元有限要素法を用いて、数値計算を行い、両結果を比較・検討した。

その結果、これらの成果は、後述する実車における測定結果とも、よく一致することが確かめられた。したがって、プラスチックによる模型実験法は大変有用であり、計画時に基礎データが得られるので、合理的な基本設計が可能になった。

第3部(第5章)では、ホイールローダの疲労寿命予測について、新しい評価法を考案・提示するとともに、実車にこの評価法を適用し、その成果を例証するものである。

まず前者に関しては、ホイールローダ各要素ごとに、応力波形が負荷と比例関係にある領域を選び、実稼働時に生ずる最大応力範囲( $\sigma_{Rmax}$ )と疲労被害度の逆数( $1/D$ )間には、両対数グラフ上では直線関係を示すことを見出した。この関係線図は、各部材毎に一度作成しておけば、応力頻度分布を各機種ごとにその都度求めなくても、寿命予測が可能となることを意味している。また、 $\sigma_{Rmax}$ と $1/D$ は、実測時間にはほとんど支配されず、単位作業サイクルにおける値を用いればよいことを明確にした。

これらの実験及び解析結果を、ホイールローダ実車の母材、継手及びアクスルハウジング部に適用し、 $\sigma_{Rmax}-1/D$ 線図を作成した。また、実車について応力分布を求めるとともに疲労試験を行い、上記線図より疲労寿命の予測が実際にできることを確かめた。この方法では、従来のように、応力頻度分布やS-N線図を直接用いる必要がなく、事前に耐用時間を任意に設定すれば、合理的に許容応力を定め得るので、大変有用である。

以上、3部より成る研究成果は、建設機械ホイールローダのみでなく、他の一般産業機器の強度評価にも、十分に適用できるものと思われる。

## 論文審査結果の要旨

3部から成る本論文の研究内容は、いずれも独創性に富むとともに、一連の研究成果は学術的に体系付けられ、一つの強度評価法（疲労寿命予測法）を確立している。また同時に、これらの結果は実用性においても完成の域に達している。特に第1部の応力塗料膜の冷却増感に関する項は、それ自体のみでも、質・量共に学位論文に成り得るほど充実し、異彩を放っている。

したがって、本論文の研究成果は学術の分野のみでなく、工業界の発展にも大いに貢献できるものと確信される。