


# 論文内容要旨 (和文)


氏名 野々一義 

## 論文題目 スチールコードにおける疲労破壊の機構解明に関する研究

本研究では撚りコードの疲労破壊機構を明らかにするために、19+8×7あるいは1×19などの汎用的な撚りコードに対して、曲げ疲労試験による破壊部の詳細観察とFEM解析および力学解析を行い撚りコードの疲労破壊過程での素線の破壊状況に着目して、ワイヤの曲げ疲労、内部曲げ疲労およびフレッチング疲労破壊の機構解明について研究を行い、以下のことが明らかになった。

- (1) ワイヤ間の接触による拘束が低い状態ではワイヤ曲げ疲労、ワイヤ間の接触による拘束が高い状態ではコード曲げ疲労が生じることを明らかにした。
- (2) 内部曲げ疲労（芯ワイヤ破壊）は内層ワイヤと芯ワイヤ間の接触圧による主応力増加により引き起こされることを明らかにした。
- (3) 内部曲げ疲労（特に内層ワイヤと外層ワイヤの破壊）は、内層・外層ワイヤ間が点接触状態の場合には芯ワイヤと内層ワイヤが一体となったコード曲げが生じること、内層・外層ワイヤ間が線接触状態の場合にはコード曲げが生じることを明らかにした。
- (4) フレッチング疲労破壊は、曲げ中立面側の外層ワイヤから破壊が開始すること、ワイヤ間の接触による拘束が低い状態では曲げ中立面側の外層ワイヤと内層ワイヤの間で微小な相対すべりが生じること、曲げ中立面側の外層ワイヤおよび内層ワイヤではワイヤ間の微小な相対すべりによるフレッチング疲労が存在することを明らかにした。
- (5) 上記の様々な疲労破壊形態が出現する条件を検討するために、撚りコードの曲げ剛性に着目して曲げ剛性を変化させた1×19の撚りコードに対して屈曲疲労試験サンプルの観察結果、力学解析およびFEM解析を行った。その結果、1×19の撚りコードでは、曲げ剛性が低い状態（ $\phi 2.02$ ）ではワイヤ曲げが支配的であること、曲げ剛性が高い状態（ $\phi 4.25$ ）ではコード曲げ、芯ワイヤ・内層ワイヤをカップリングとした内部曲げが支配的であること、曲げ剛性が中間状態（ $\phi 3$ ）では外層ワイヤの局部的変形によりワイヤ同士の接触が激しくなることによる局所的応力増加およびワイヤ同士の接触と局所的応力増加に伴い中立軸近傍で外層ワイヤおよび内層ワイヤにフレッチング疲労破壊も生じる可能性があることを明らかにした。

## 論文内容要旨 (英文)

氏名 野々一義 

論文題目 Study on mechanism of fatigue failure for helical steel cords

To clarify mechanism of fatigue failure for helical steel cords, bending fatigue tests, macroscopic and microscopic observation, FEM analysis and dynamics analysis were carried out for general steel cords, such as 19+8×7 construction, 1×19 construction. Following items were clarified.

- (1) Cord bending was occurred in case of severe contact condition between wires. And wire bending was occurred in case of slight contact condition between wires.
- (2) Internal bending, core wire fracture, was occurred by increasing principal stress due to contact pressure between inner wire and outer wire.
- (3) Internal bending, both inner and outer wires fracture, was occurred by cord bending due to contact condition among core wire, inner and outer wires.
- (4) Fretting fatigue failure was obviously occurred at outer wires around neutral axis. Micro relative slipping quantity is related to fretting fatigue.
- (5) Each failure mode, mentioned above, was occurred, related to bending stiffness of helical steel cords. Index, bending stiffness of helical steel cords, was effective to classify fatigue failure modes.

別紙

|   |       |
|---|-------|
| 氏名  | 野々 一義 |
| 学位論文の審査結果の要旨  |       |
| <p>(論文の内容に沿って、章ごとに記述してください。)</p> <p>第1章の緒論では、撚りコードの特長および機械要素としての重要性、産業発展における撚りコードの歴史的事象、撚りコードに関する過去から現在までの研究、撚りコードの様々な損傷機構の概説および本研究で対象とする疲労破壊現象の位置付けについて述べた。そして撚りコードの疲労破壊機構を明らかにする本研究の目的を述べた。</p> <p>第2章では、コード曲げおよびワイヤ曲げ疲労について検討を行った。その結果、軸力増減によるワイヤ間接触状態変化に伴い撚りコード全体の曲げが顕著になるコード曲げおよび各ワイヤ単体の曲げが顕著になるワイヤ曲げの存在を明らかにした。</p> <p>第3章では、内部曲げ疲労破壊（心ワイヤ破壊）機構について検討を行った。その結果、内部曲げ疲労（心ワイヤ破壊）は内層ワイヤと心ワイヤ間の接触圧増加による主応力増加が主原因であることを明らかにした。</p> <p>第4章では、内部曲げ疲労破壊機構について検討した。その結果、内層-外層ワイヤ間が点接触状態の場合には心ワイヤと内層ワイヤが一体となった内部曲げが生じること、内層-外層ワイヤ間が線接触状態の場合にはコード曲げが生じingことを明らかにした。</p> <p>第5章では、撚りコード特有の素線相互の接触によるフレッチング疲労破壊機構の検討を行った。その結果、曲げ中立面側の外層ワイヤから破壊が開始すること、ワイヤ間の接触による拘束が低い状態では曲げ中立面側の外層ワイヤと内層ワイヤの間で微小な相対すべりが最大となりフレッチング疲労が生じingことを明らかにした。</p> <p>第6章では、撚りコードの設計指標として曲げ剛性を取り上げることの可能性について検討を行った。</p> <p>これらの研究成果は、日本機械学会、日本設計工学会および日本精密工学会において研究発表、そして研究論文掲載を行っている。また、国際学会 ICMDT2005(Seoul) において英語による研究発表を行っている。</p> <p>本研究では、これまで混沌としていた撚りコードの疲労破壊現象に対して、破壊現象の詳細観察、FEM 解析および簡易モデルを用いた力学解析を実施し、疲労破壊現象の分類およびその発生機構について検討し、合理的な結論を得ている。また、曲げ剛性をスチールコードの設計指標とすることの可能性を示したことは、得られた成果の実設計への展開として工学上極めて有用である。このように、本論文はスチールコードの疲労強度評価および構造設計に対して有意な知見を得ており、合格と判定する。</p> |       |
| 学力確認の結果の要旨  |       |
| <p>専門分野の学力確認は、論文内容検討会におけるプレゼンテーションとその質疑の中、および公聴会当日の口頭による質疑討論の中で行なった。また、外国語科目（英語）の学力については、国際学会における研究発表の準備と実施の中で確認した。その結果、博士の学位を授与するに十分な水準にあると判断し、合格と判定する。</p>  |       |