



Title	線形摩擦接合継手の疲労特性と長寿命化に関する研究
Author(s)	苗, 晖淋
Citation	大阪大学, 2025, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/101654
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏名 (苗 嘉 淳)	
論文題名	線形摩擦接合継手の疲労特性と長寿命化に関する研究
論文内容の要旨	
<p>本研究では、代表的な固相接合法の一種である線形摩擦接合 (Linear Friction Welding: LFW) を用いて、インフラ構造物の長寿命化に資する新たな接合法の実現に対する基礎的知見を得ることを目的とした。LFWをインフラ構造物へと適用するためには、突合せ継手に加えて、T字や十字継手も必要となる。そこで、それらの形状を有する継手をLFWにより作製し、接合条件と疲労特性の関係の明確化を試みた。本研究の成果を以下に総括する。</p> <p>第1章では、本研究の背景としてインフラ構造物の老朽化問題に触れ、構造物の長寿命化が必要不可欠であることを述べた。従来の溶融溶接法が抱える接合部の脆弱性などの課題と本研究でLFWに着目した理由について説明した後に、本研究の目的と論文の構成を概説した。</p> <p>第2章では、継手の疲労寿命に影響する因子である継手形状、残留応力、微視組織や硬さ分布および疲労特性の関係に関する過去の研究成果を整理した。その後、LFWの原理と接合プロセスについて述べるとともに、過去のLFWで得られた継手の機械的特性、微視組織や疲労特性に関する知見をまとめることで、本研究で解決すべき具体的な課題を提示した。</p> <p>第3章では、LFWにより疲労特性に優れた継手を実現するため、接合条件と疲労特性の関係を調査した。供試材にSM490Aを用い、振動中および振動停止後の印加圧力を変化させた突合せ継手を作製し、その継手の疲労特性を評価した。その結果、全ての条件で接合欠陥のない健全な継手が得られた。振動中の印加圧力が大きな継手では止端半径が小さくなり疲労特性が低下した。振動停止後の印加圧力を増加させた継手は長い疲労寿命を示した。この疲労寿命の向上に対して、継手止端部の形状と応力集中、き裂進展経路、微視組織形態と硬度分布、残留応力が及ぼす影響を調査した。その結果、振動停止後に印加圧力を増加させることで継手止端部の近傍領域が変形し、その領域における応力集中が低減できることを明らかとした。振動停止後の印加圧力の増大は、残留応力、硬度分布、き裂進展経路の観点からはいずれも疲労寿命に対して負の影響をもたらしていたと示唆されたが、止端部における応力集中の低減がそれらを上回り、LFW突合せ継手の疲労寿命に対して効果的であった。</p> <p>第4章では、LFWにより健全なT字継手の作製を試みた。接合条件としてリブ材を振動させる方向、寄り代、振動中および振動停止後の印加圧力を変化させた。得られた継手のバリの排出挙動と継手の健全性を評価した。その結果、振動中の印加圧力は150 MPaとして均一にバリを排出することができた。リブ材の長辺が振動方向と垂直な短辺振動LFWで作製した継手では、リブ材のいずれの辺においてもバリが均一に排出され、バリの排出量には寄り代が大きく影響した。LFWによりT字継手を作製する場合、短辺振動LFWを行い、振動停止後の印加圧力と寄り代を比較的大きな値に設定することで、均一なバリ排出を伴う健全な継手が得られることを明らかとした。</p> <p>第5章では、第4章で得られたT字継手の作製に関する知見を基に、短辺振動LFWにより十字継手を作製し、その疲労特性を評価した。振動停止後の印加圧力と寄り代を変化させ、接合条件と継手の疲労寿命の関係について検討した。その結果、短辺振動LFWより作製した十字継手は、国際溶接学会の提唱する溶接十字継手の設計基準を大幅に上回る優れた疲労寿命を示した。寄り代と振動停止後の印加圧力をともに増大させた継手では、接合界面ではなくリブ材の止端部で破断が生じ、繰返し数1000万回においても未破断となった。疲労寿命に優れたLFW十字継手は、寄り代を大きな値としてバリの幅を増大させ、接合界面端部における応力集中を緩和し、破断形態を接合界面からリブ材の止端部へと遷移させることで実現できると結論付けた。</p> <p>第6章では、本研究で得られた結果について総括した。</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏名 (苗暉淋)	
	(職) 氏名
論文審査担当者	主査 教授 藤井 英俊
	副査 教授 宇都宮 裕
	副査 教授 平田 弘征
	副査 准教授 堤 成一郎

論文審査の結果の要旨

本研究では、線形摩擦接合 (Linear Friction Welding: LFW) を用いて、突合せ継手、T字継手および十字継手を作製し、接合条件と疲労特性の関係を明確化することで、インフラ構造物の長寿命化に資する新たな接合法に取り組んでいる。本研究の成果を以下に総括する。

第1章では、本研究の背景として、インフラ構造物の老朽化に関する問題に触れ、構造物の長寿命化の重要性と溶融溶接法で得られた継手の課題を述べた後に、LFWの優位性に着目した理由を概説し、本研究の目的と取り組み内容について説明している。

第2章では、過去の溶融溶接法およびLFWに関する知見をまとめている。溶融溶接法で得られた継手の疲労特性に影響する因子として、継手形状、残留応力、微視組織、硬さ分布について過去の研究結果を整理するとともに、LFWの接合原理、接合プロセスおよび過去のLFWに関する知見を述べ、本研究で解決すべき課題を提示している。

第3章では、溶接構造用圧延鋼材であるSM490Aを対象として、LFWにより突合せ継手を作製し、接合条件と疲労特性の関係を調査するとともに、継手の疲労特性に関連する因子の影響を明確化している。その結果、振動中および振動停止後の印加圧力を変化させた突合せ継手では、振動中の印加圧力が大きな継手ほど疲労寿命が低下することおよび振動停止後の印加圧力が大きな継手ほど疲労寿命が向上することを明らかにしている。加えて、継手の疲労特性に対して、き裂進展経路、微視組織形態、硬さ分布、残留応力の影響は小さく、継手止端部における応力集中の低減が最も大きな影響を有すると結論付けている。

第4章では、LFWにより健全なT字継手の作製を目的として、リブ材を振動させる方向、寄り代および振動中または振動停止直後の印加圧力を変化させたLFWを実施している。その結果、リブ材の長辺と振動方向が垂直となる短辺振動でLFWを実施することで、バリを均一に排出した継手の作製に成功している。

第5章では、第4章で得られた知見を基に、短辺振動LFWで十字継手を作製し、その疲労特性を評価している。その結果、振動停止後の印加圧力および寄り代を増大させた継手では、国際溶接学会の設計基準を大幅に上回る疲労寿命を有する継手を実現している。疲労寿命が向上した要因は、破断形態が接合界面からリブ材の止端部へと遷移したためであり、寄り代を増加させてバリの排出量を増加させることが疲労寿命の向上に対して最も効果的であると結論付けている。

第6章では、本研究で得られた結果について総括している。

以上のように、本論文はLFWを用いた突合せ、T字および十字継手において、接合条件と継手の疲労特性の関係を明確化できている。そして、LFW継手の疲労寿命向上に対する方針についての知見が得られており、材料工学の発展に寄与するところが大きい。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。