

補助事業番号 28-124
補助事業名 平成28年度走行中の自転車部品のひずみ測定と疲労寿命予測補助事業
補助事業者名 龍谷大学工学部田原研究室 田原大輔

1 研究の概要

小型のひずみ測定装置を製作し、走行中の自転車のペダルに発生するひずみの測定を行い、疲労試験によって製品寿命を評価するフローの構築を目指した。ロードバイクにおける実験により、最大負荷の測定に問題なく使用できることが確認されたため、競技用自転車のペダルに発生する走行中の負荷の測定を行った。測定された負荷を基にペダルの疲労試験を行ったところ、試験回数が少ないため精度は粗いが製品寿命の推定に繋がる評価フローの基礎を構築することが出来た。

2 研究の目的と背景

近年の自転車パーツは、薄肉軽量化がますます進んでいる。当然、自転車パーツは疲労破壊しないことを前提に製造されなければならないが、日本人体型の大型化によってこれまでの予想を超える負荷が発生し、走行中に破損する潜在的リスクが高まっている。

そこで、自転車パーツに実走行中に発生しているひずみと荷重を正確に測定し、寿命予測のための疲労試験へとフィードバックする流れを構築し、自転車パーツの安全な交換サイクルを明らかにすることを目的として本研究を行った。

3 研究内容

(1) 小型ひずみ測定装置の開発

ひずみ測定システムとして最も基本的なものは、被測定物にひずみゲージを貼り付け、ブリッジ、アンプを経由して記録計に接続するというものである。精度よくひずみを測定できるものの、記録計や動ひずみ計の重量が重く、100V 電源が必要な上にケーブルが絡まるため、移動体や回転体のひずみ測定に用いることはできない。

そこで、可搬性を重視して従来よりも小型かつ電池駆動するひずみ測定システムの構築を目指した。サイズの目標はロードバイク・競輪競技用自転車の双方のクランク周辺に搭載可能となる 90mm×50mm 以下（折りたたむことで 45mm×50mm）とし、厚みは 20mm 以下、1 時間以上駆動できることを条件とした。

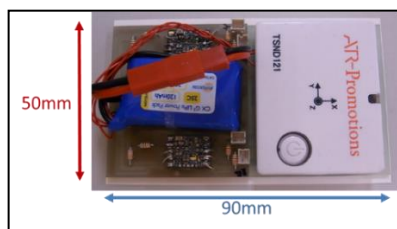


図1 開発した小型ひずみ測定システム



図2 従来システムとの比較

(2) 競技用自転車のペダルシャフトの曲げモーメントの測定

小型ひずみ測定システムを競技用自転車のクランクに装着できるように形状を整え、競輪選手がバンクで走行練習を行う際にペダルシャフトに発生している負荷の測定を行った。

選手は各個人でペダルを踏む位置が微妙に異なり、同じ荷重で踏み込んだとしても、ペダルの外側で踏んだほうがシャフトに発生する曲げモーメントが大きくなり、曲げひずみも増大する。そこで、以降はペダルに発生している負荷は荷重(N)単位ではなく、ペダルの根本の取付部に発生している曲げモーメント(Nm)単位での検討を行った。

通常の練習メニューのひとつである900秒間の走行練習の測定を行った。高強度負荷と低強度負荷を交互に繰り返し、瞬間的には100Nmを超える曲げモーメントが発生していた。



図3 競輪自転車に取り付けた様子

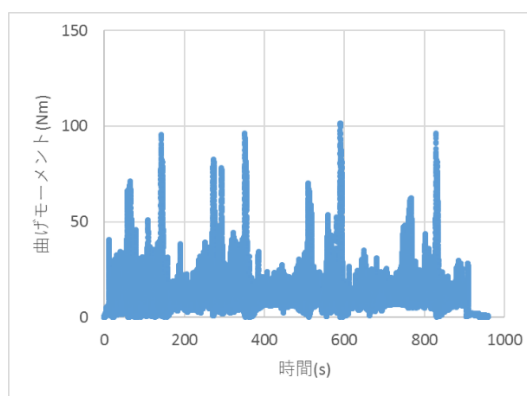


図4 ペダルに発生している曲げモーメント

(3) 疲労試験に基づく疲労寿命の予測

荷重によってペダルシャフトが屈曲しても追従できるように球座面ジグを作成し、片当たりを防ぎつつ踏み板に均等に荷重が加わる状態で片振りの疲労試験を行った。荷重条件の範囲は、ペダル取付部における曲げモーメント60~140Nmの範囲で、応力比は0.1で行った。

疲労試験を開始する事前の構造解析において、ペダルシャフトの段差部が応力集中によって最も高い応力が発生する部分であると判明しており、そこが折損すると予想したが、実際にはアルミ鋳物製の踏み板部で破損が発生して、シャフトでの折損は発生しなかった。

曲げモーメント-サイクル図が示すとおり、60Nmにおいても150万サイクル程度での破損が発生しており、疲労限となる曲げモーメントは60Nmよりさらに低いと判明した。

900秒間の走行練習において、曲げモーメントが100Nmを超える踏み込みは10回行われていた。そして、同様の練習は一日に6本ほど行われる。100Nmの疲労試験で踏み板の破損は15万回で発生していたため、単純計算では15万回/(6×10回/日)=2500日間の練習で踏み板が破損すると予想される。

一方、100Nmには達さずとも60Nm以上の負荷はかなりの頻度で発生している。一旦高い負荷に晒されることで発生した微小亀裂は、それより低い負荷においても進展する。実際の疲労限は60Nmよりも低いことが判明しているが、仮に60Nmを疲労限として修正マイナー則を用いた負荷の再計算を行うと1)、900秒間に100Nm相当の負荷が43回発生していたという結果が

得られる。そのため低負荷による亀裂の進展を考慮すると実際には、15万回/(6×43回/日)=581日間という早期での破損が予想される。

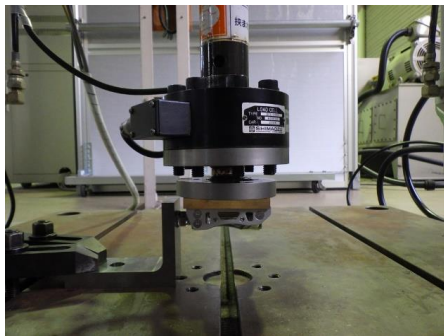


図5 疲労試験の様子

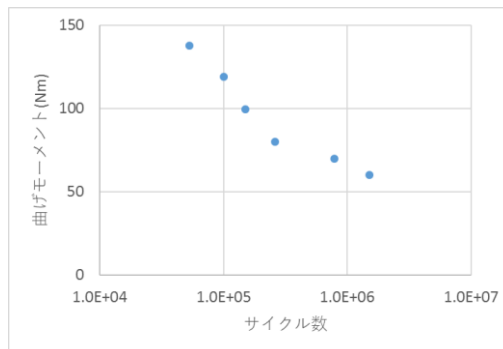


図6 曲げモーメント・サイクル図

研究紹介ページ（研究室HP）：<http://young.mecsys.ryukoku.ac.jp/bionic/research.html>

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

可搬性が高いことから、自転車パーツに限らず様々なスポーツ器具に加わる負荷を測定することが可能となる。今のところは強度試験を行うための負荷測定を行っているが、リアルタイムで負荷を表示できるようなシステムとして改良すれば、選手のフォームの改善といったことに活用することも可能と考える。

また、スポーツ器具に限らず、自動倉庫のような物流やスキーリフト等、これまで実働状況でのひずみの測定が難しかった製品のひずみを測定することで、これらの製品寿命を評価するシステムとすることも可能である。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本補助事業者は、大学の理工学部機械システム工学学科における学部生への大学教育として「材料強度学」の講義を担当中であり、材料の疲労、破損の法則、3次元応力状態の理論等の教育に従事している。また、研究歴でも、有限要素法を用いた応力解析を工業製品や生体材料に対し適用した事例が多く、日本機械学会の計算力学技術者（CAE技術者）の資格認定1級を有している。このため、本研究のような工業製品の自転車ペダルの疲労現象の理解、実験とCAEを有機的に組み合わせた研究アプローチは、教歴・研究歴の流れにおいて適切であると考えられる。また、競技用に特化した具体的な工業製品であり、疲労寿命の推定という理解しやすい研究目的であることから、課題解決の個々の手法に精通する本補助事業者が取り組む課題として、対象物の新規性、予想される成果の重要性が極めて高い。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

学会発表

岡田太郎, 田原大輔, 走行中の自転車ペダルに発生するひずみの測定と疲労寿命の予測

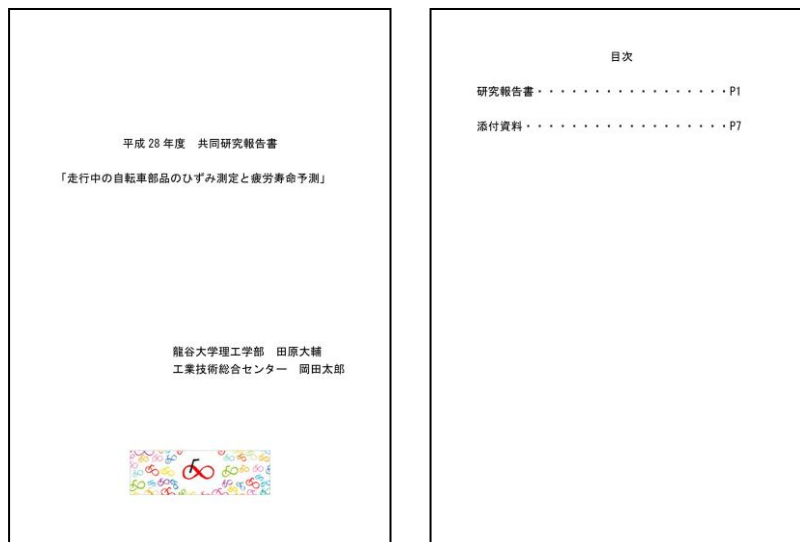
日本材料学会第33回疲労シンポジウム，平成28年11月12日，赤穂ハイッ
(優秀研究発表賞受賞)

<http://www.shiga-irc.go.jp/info/news/old/h29/%E7%AC%AC33%E5%9B%9E%E7%96%B2%E5%8A%B4%E3%82%B7%E3%83%B3%E3%83%9D%E3%82%B8%E3%82%A6%E3%83%A0%E3%80%80%E5%84%AA%E7%A7%80%E7%A0%94%E7%A9%B6%E7%99%BA%E8%A1%A8%E8%B3%9E%E3%81%AE%E5%8F%97%E8%B3%9E%E3%81%AB%E3%81%A4%E3%81%84%E3%81%A6/>

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

共同研究報告書



8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 龍谷大学理工学部田原研究室 (たわらけんきゅうしつ)

住 所： 〒520-2194

大津市瀬田大江町横谷1-5龍谷大学瀬田学舎1号館 305室

申 請 者： 准教授 田原大輔 (タワラダイスケ)

担 当 部 署： 理工学部システム工学科

E - m a i l： datawara@rins.ryukoku.ac.jp

U R L：

http://young.mecsys.ryukoku.ac.jp/faculty_and_staff/tawara/public_html/