

斜張橋ケーブル点検ロボットのフレーム構造に関する検討

長崎大学 学生会員○辻 寛貴 長崎大学大学院 正 会 員 中村聖三
 長崎大学大学院 正 会 員 奥松俊博 長崎大学大学院 正 会 員 西川貴文

1. 研究背景

平成 26 年に国土交通省令により、「5 年に 1 回の頻度で、2.0m 以上の全ての橋梁の全ての部材に対し、近接目視等による点検を実施すること」が義務付けられた。斜張橋の従来の点検方法は、高所作業車で近接目視点検を実施するか、ロープで主塔から降下し直接目視して点検を行うかの 2 通りがあるが、前者は高さ 30m 以上のケーブルは近接目視が出来ない。後者は、時間とお金がかかるというデメリットがある。また、点検者の安全確保の観点でも問題がある。そこで、著者らを含む共同研究により、プロペラ推進式ケーブル点検ロボットが開発された。しかし、プロペラ推進式ケーブル点検ロボットは機体の重量が大きいなどの課題が残されており、現在著者らは、機体の重量を小さくするための研究を行っている。

2. 研究概要

本研究の対象となる機体は、2 種類の機体(旧機体(図 1)・新機体)である。旧機体はケーブルを取り囲むフレーム部分が四辺形であるのに対し、新機体は、軽量化や効率化のためにフレーム部分が円形になっているのが特徴である。本研究では、旧機体と新機体の有限要素解析を実施することで、旧機体と新機体の強度・剛性を比較し、新機体の強度・剛性が、旧機体の強度・剛性と同等以上であることを確認した上で、その条件を満足させながら、さらに軽量化した機体を設計することを目標としている。

3. 旧機体の概要

図 1 に旧機体の全体図を示す。旧機体の特徴は、まず、4 つの回転翼(プロペラ)と電動モーターの推力にてガイドローラーを介してケーブルを走行するのでケーブルの角度によらず点検が可能だということ、次に、アルミ製フレームによってケーブルを取り囲む構造であるのでケーブルから逸脱しないこと、最

後に、4 機のビデオカメラを搭載しケーブル表面の近接映像を 4 方向から 360° 撮影可能であるということが挙げられる。対応ケーブル径は直径 80～200mm、総重量はバッテリー装着時で約 7.0kg である。材質はフレーム部分がアルミ、プロペラ部分が CFRP(カーボン)である。設計推力は約 145N である。ケーブル間をつないでいる場合、ケーブル間の離隔が不十分な場合、ケーブルに大きな補修跡がある場合は適用不可である。撮影した動画を基に損傷の有無や位置が一目でわかる図や写真を作成できる。点検実績としては、女神大橋、かつしかハープ橋、坂東大橋、大島大橋などがある [1]。

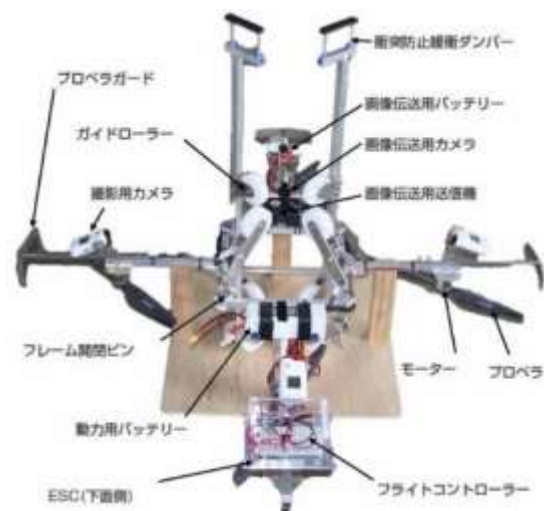


図1 ケーブル点検ロボット (旧機体)

4. 3D モデルの作成

本研究で使用する 3D-CAD ソフトは、「Autodesk Inventor Professional 2019」である [2]。旧機体に関しては図面をもとに図 2 に示す 3D モデルを作成した。フレームの強度・剛性に注目しているため、有限要素解析結果に影響がないプロペラやローラーなどの部分は省略している。

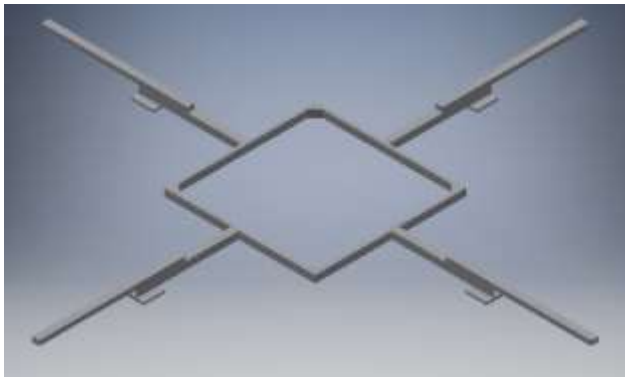


図2 製作した旧機体の解析モデル

5. 有限要素解析

本研究で使用する有限要素解析ソフトは、「MSC Apex Harris Hawk SP1」である。まず旧機体の解析を行い、次に新機体の解析を行う予定である。フレーム部分には6面体ソリッド要素を用いる。本研究では、フレームの腕部分の板厚1.5[mm]を考慮して、メッシュサイズは1.5[mm], 1.0[mm], 0.5[mm]の3通りで解析を行う。境界条件は図3で示すようにケーブルを取り囲む部分の四隅の変位をすべて固定し、プロペラの推進力が作用する位置に鉛直上向きの荷重を作用させる。弾性範囲の挙動を把握できればよい。ため、本研究では簡略化のため1Nの荷重を作用させる。材料はアルミニウムであり、弾性係数 $E = 6.83 \times 10^4 [\text{N/mm}^2]$ 、ポアソン比は0.34である。本研究では上記の解析に加えて荷重を含む境界条件を変更した解析を行う。これは4つのプロペラにかかる推進力の大きさ必ずしも一様ではないことを想定し、変形モードによってどのように強度・剛性が変化するかを確認するためである [3]。

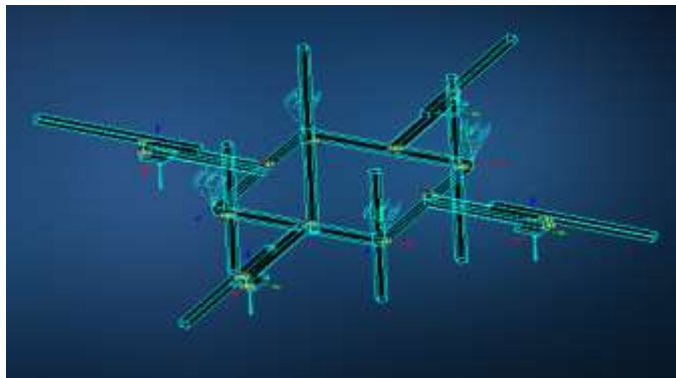


図3 旧機体の境界条件

6. 解析結果

本研究では変位と応力を算出した。図4はメッシ

ュの大きさが1.5[mm]の場合の変位を示している。プロペラ付近に鉛直上向きの1Nの荷重を作用させた場合、外側に向かうにつれて変位が大きくなっていることがわかる。最大変位は0.22[mm]であり、最大応力は5.13[N/mm²]という結果になった。

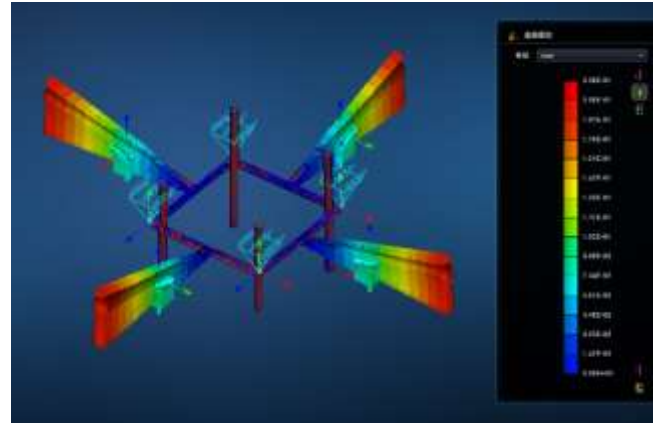


図4 旧機体の解析結果(変位)

7. 結論

平成31年1月8日現在、新機体の解析結果が出ていない状況であるが、MSC Apex Harris Hawk SP1にて有限要素解析を行うことで、旧機体よりも新機体のほうが強度・剛性とも優れているという結果が得られると考えられる。また、新機体をさらに軽量化させる方法としては、部材の寸法を小さくする、部材を減らすもしくは部材の材料を変更することなどを考えている。

8. 参考文献

- [1] 株式会社長大, “斜張橋ケーブル点検ロボット VESPINAE,” [オンライン]. Available: <https://www.chodai.co.jp/vespinae/>.
- [2] 村木正芳・北洞貴也・木村広幸, Inventor による3D CAD入門, 東京電機大学, 2018.
- [3] 米田昌弘, 構造力学を学ぶ-基礎からエネルギーまで-, 森北出版, 2014.