

次世代移動手段「ベアリングロード」の構造解析

材料革新サステナブルテクノロジー研究室 1170063 佐藤雅也

1. 諸言

現在、様々な移動手段が存在する。自動車、バイク、電車、飛行機、船などの長距離移動することができる移動手段や、エレベーター、エスカレーターなどの屋内での移動が便利になる移動手段がある。これらの移動手段には様々な特性が存在し、用途に応じて使い分けられる。しかし現在、存在する移動手段は、人間が乗り物などを制御し移動するというものがほとんどである。自動車やバイクなどの重いものを移動制御するよりも、人間自体を制御した方が圧倒的にエネルギーを使わず、低コストで安全ではないかと考えた。そこで、本研究では先行研究として自分の意思で移動方向・移動速度を決定でき、ツールを持ち運ぶ必要のない新しい移動手段である、ベアリングロードを提案している。

2. 先行研究

先行研究として、3D-CADで簡易モデルを作製し、実際に部品を作製した。組み立てた状態を図1、図2に示す。



Fig.1 Overall model

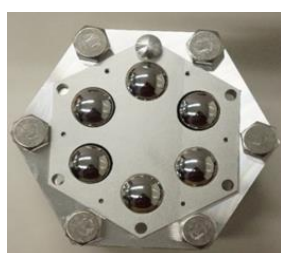


Fig.2 Top view

実際に組み立て動作確認を行ったことで、課題が浮き彫りとなった。まず、素材の特定である。ベアリング部に人間が乗るため強度が必要である。また、屋外での使用も視野に入れているため、腐食にも耐えなければならない。

次に、安全性である。発進時と停止時に慣性の法則により、ベアリングロードに乗っている人間が転倒してしまう恐れがある。また、利用者が他の人間や壁などの障害物に衝突する危険性がある場合でも安全を確保しなければならない。

最後に、構造の見直しである。1段目のボールと2段目のボールを接触させず各々で回転させるところ円滑に回転した。しかし、2つのボールを接触させ回転させるところ円滑に回転しなかった。また、ベアリング部の上に人間が乗り、滑るように移動しなければならないため、1段目の球体以外が表面に出てはならない。そのため、表面にボルトが出ない様なユニットの固定の方法を考える必要がある。

本研究では、Solidworksで新たなモデルを作成し、ベアリングロードに人の体重がかかった場合の応力を解析し、問題の特定を目的とする。

3. 基本概念

ベアリングロードは大きく分けて、5つの部門で構成されている。人が乗るベアリング部、行きたい方向や速度などを感知するスイッチ部、ベアリング部に動力を伝える駆動部、移動速度を調節する制御部、これらを支持する支持部からなる。本研究では、体重のかけ方で進行方向を決定する3段構造を考案した。

本研究で用いる基本構造の概略図を図3に示す、

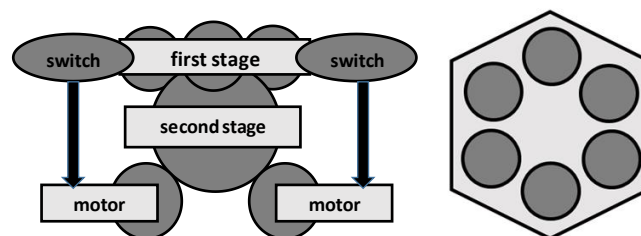


Fig.3 Schematic basic structure

スイッチに荷重が加わると駆動部が回転し、2段目の大きなボールを回転させる。2段目のボールが1段目の6つのボールに接触することで、モーターの駆動を人間に伝えることが出来る。これを1ユニットとし、複数のユニットを並べることで人間の移動を可能とする。

4. モデルの作成

先行研究で使用したモデルをもとに、Solidworksを使用し、新たな簡易モデルを作成した。以下にモデルを示す。

4.1 1段目

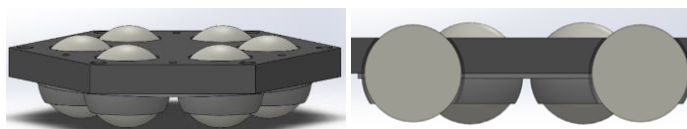


Fig.4 Overall model

Fig.5 Sectional view

1段目は6つの球を上坂と保持器で挟み込んで固定している。上坂の厚みは7mm、曲面部は球と同様の半径で削られている。保持器の平面部は厚さ1mm、曲面部は0.5mmで形成されている。上坂と保持器を6か所でねじ止めすることで、1段目を構成する。

4.2 2 段目

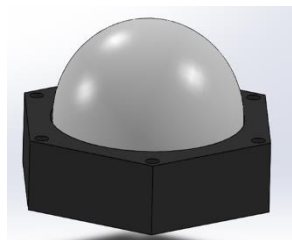


Fig.6 Overall mode

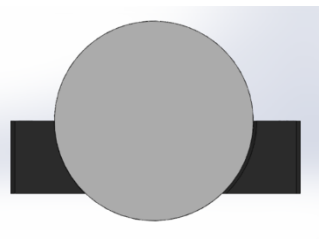


Fig.7 Sectional view

2 段目は上坂を使用せず、保持器のみを設置し 1 段目と組み合わせることで固定する。保持器の厚みは 20 mm、内部の曲面部は球と同様の半径でカットしている。

4.3 3 段目

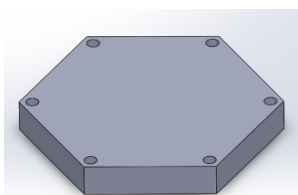


Fig.8 Overall mode

3 段目の土台は、2 段目の保持器と同様 1 辺 40 mm の正六角形である。厚みは 10 mm である。土台には、4 つのモーターを配置し、軸にホイールを取り付ける。

5. 解析モデルと条件

5.1 解析モデルと拘束条件

拘束条件として、実際にモデルを組み立てるときと同じ様に、1 段目 2 段目 3 段目を固定するための 6 か所のねじ穴を固定する。また、上坂と保持器を固定するためのねじ穴 6 か所を固定する。

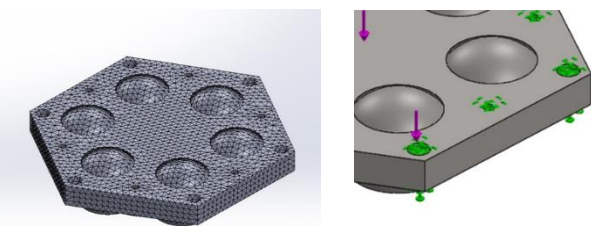


Fig.9 Analysis model

5.2 荷重の決定

今回の解析では、70 kg の人間が 1 段目に乗った場合を考える。図で示したように、7 つのユニットに片足が乗るように設計しているため、1 つのユニットに 49N の荷重がかかることが分かる。下図に示すように面に対して垂直荷重をかける。

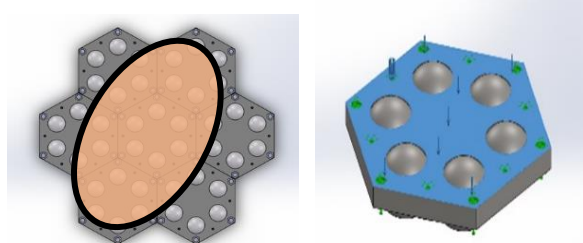


Fig.10 Image diagram

4.5 材料特性

ベアリングロードは、屋外での過酷な環境下での使用も視野に入れているため、「強度」や「耐食性」に優れたステンレスに着目した。そこで、部品は鉄にクロムやニッケルなどの物質を添加して、錆びにくくした特殊鋼の 1 つである、ステンレス鋼を定義して解析を行う。

5. 解析結果と考察

5.1 1 段目全体の応力分布

図に解析で得られた von Mises 応力の等高線図を示す。

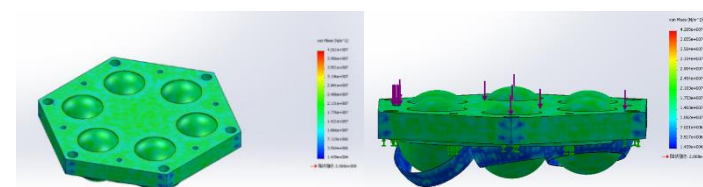


Fig.11 Contour lines of the von Mises stress

5.2 考察

人間が 1 段目に乗った場合、保持器から破損することが明らかになった。これは、保持器の曲面部分は他の部分の厚みと比べて薄く設計したためだと考えられる。また、ボールを保持器と上坂で挟み込む構造であるため、ボールと保持器が接触し、保持器に対して負荷が集中したため破損したと考えられる。

この結果から、保持器のボールとの接触部分の厚みを増やす必要があると考えられる。また、保持器と上坂の接合方法も検討する必要がある。

6. 結言

本研究では新たな簡易モデルの作成と 1 段目に荷重をかけた場合の解析を行った。ベアリングロードの実用化に向けて、多くの問題が明らかとなった。ベアリング部の 1 段目には人間の体重が直接かかるため、強度が必要である。また、屋外の使用を考えたとき、耐食性のある材料選択が不可欠である。本研究では、強度と耐食性に優れたステンレス鋼を用いてモデルの解析を行った。ステンレス鋼は強度や耐食性に優れているが高温になった場合に変形してしまう可能性があるため、実用化に当たって問題が残る。他にも、安全性、メンテナンス性、コストの問題がある。これらの問題を解決することで、ベアリングロードの実用化が近づくと考えられる。

文献

- (1) 吉本翔斗：未来的移動手段を想定した球体による革新的駆動伝達機構の提案
- (2) 曾根崎 龍一, 正 李 樹庭 (島根大) 玉軸受の剛性・接触応力の解析及び剛性測定装置の設計に関する研究
- (3) ステンレス鋼材の材料記号別の特性 (成分, 元素組成, 耐力, 引張強さ, 伸び, 硬度)
<http://www.susjis.info/>