

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題	高強度化学繊維によるワイヤ駆動のための基礎的検討 ー第五報：繰り返しねじりが引張強度に与える影響ー
Title	Basic study for drive mechanism with synthetic ber rope -Fifth report: Influence of repetitive twist on tensile strength-
著者	中村吉秀, 遠藤玄, 鈴森康一, 難波江裕之
Author	Yoshihide Nakamura, Gen Endo, Koichi Suzumori, Hiroyuki Nabae
掲載誌/書名	ロボティクス・メカトロニクス講演会2017講演論文集, Vol. , No. , pp.
Journal/Book name	Proceedings of the 2017 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, Vol. , No. , pp.
発行日 / Issue date	2017, 5
URL	http://www.jsme.or.jp/publish/transact/index.html
権利情報 / Copyright	本著作物の著作権は日本機械学会に帰属します。
Note	このファイルは著者（最終）版です。 This file is author (final) version.

高強度化学繊維によるワイヤ駆動のための基礎的検討

－第五報：繰り返しねじりが引張強度に与える影響－

Basic study for drive mechanism with synthetic fiber rope

-Fifth report: Influence of repetitive twist on tensile strength-

〇学 中村吉秀 (東工大) 正 遠藤玄 (東工大)

正 鈴森康一 (東工大) 正 難波江裕之 (東工大)

Yoshihide NAKAMURA, Tokyo Tech, nakamura.y.bd@m.titech.ac.jp

Gen ENDO, Tokyo Tech, gendo@mes.titech.ac.jp

Koichi SUZUMORI, Tokyo Tech

Hiroyuki NABAE, Tokyo Tech

Synthetic fiber rope which has lightweight, high tensile strength and flexibility is receiving a lot of attention as the replacement for stainless steel wire rope. This study is clarifying various physical characteristics of synthetic fiber ropes to design tendon-driven mechanism. This paper take note of durability of repeated twist. We developed a device that repeatedly twists a wire rope and performed an experiment with one synthetic fiber ropes and one stainless steel wire rope. As a result, stainless steel wire rope didn't get loss of tensile strength. However, repeated twists causes damage to the strands of the synthetic fiber rope, so the tensile strength of the synthetic fiber ropes is decreased.

Key Words: Tendon-driven, Synthetic fiber rope, Mechanical design

1 序論

近年、高い性能・機能を有する化学繊維の開発が盛んに行われており、その中にはステンレスワイヤと同等かそれ以上の強度を有しつつも密度は約 1/5~1/8 程度と著しく軽量なものもある。さらにステンレスワイヤに比してしなやかに曲がるため、結び目を作って端部を固定できるなど取り扱いが容易である。このような特徴を活かしてワイヤ・プーリ駆動型の脚移動ロボット [1] や、ロボットアーム [2] に利用されている。以上の特徴を持つような繊維を本研究では高強度化学繊維と呼ぶ。

ワイヤ駆動機構を設計する場合、従来の金属ワイヤロープについてはロープの構成方法や破断荷重が日本工業規格において定められているのに加え、文献 (例えば [3]) やメーカーが公開している技術資料 (例えば [4]) に曲げ比率による強度変化のデータや、耐久性、安全率の見積もり方法等があり、様々な技術データがこれまでに蓄積されてきている。一方で高強度化学繊維ロープについては繊維メーカーが繊維物性を公開しているものの (例えば [5])、ロープとして構成した場合の物性は単に引張強度のみがメーカーから提供される。また、機械駆動系の機構要素として高強度化学繊維ロープを用いた時の物理特性に関する研究は過去にもあるが (例えば [6])、そのどれもが系統立った物では無い。そこで、体系的な設計論を構築するために高強度化学繊維ロープに対して様々な特性試験を行う事で物理特性を明らかにする必要があると筆者らは考える。

本研究は高強度化学繊維ロープを用いたワイヤ駆動系の設計のため、ロープを駆動系に用いた場合の諸特性を明らかにしていくものである。第一報 [7] ではロープ端部の固定方法および曲げ曲率、第二報 [8] では繰り返し曲げを受けた後の引張強度への影響について検証した。本報ではロープの耐久性に注目し、一定張力条件下で繰り返しねじりを受けた場合に引張強度に生じる変化について検証する。

2 繰り返しねじり耐久性

従来ワイヤ駆動系に用いられているステンレスワイヤロープは素線同士を撚って作られているため、撚り方向と反対方向のね



Fig.1 Twist durability experiment device

じりを加えるとロープが解けてしまう。また繰り返しねじりが加えられることによってロープの型崩れが起きると、引張強度が著しく低下する。このような特性からステンレスワイヤロープをワイヤ駆動系に用いる場合、通常ワイヤロープにねじりが加わらないような構成方法を選択する。それに対して、高強度化学繊維ロープは素線を織り上げた組み紐形状であるため、ロープにねじりを加えても解けてしまうことがない。このため、高強度化学繊維ロープはねじりに強いロープであることが想定される。そこで筆者らはロープにねじりが加わることを許容したワイヤ駆動機構を採用したロボットアーム [9] を開発している。しかし長時間駆動した場合のロープの耐久性は依然として検証する必要がある。よって本研究では高強度化学繊維ロープに対して繰り返しねじり試験を行い、その耐久性を実験的に評価する。

3 試験装置と試験ロープ

製作した実験装置の CAD 図を図 1 に、実験装置の構成を図 2 示す。ロープの両端はモータに接続された平板と、重りに接続された平板にクランプして固定されている。本装置では、重りでロープに張力を与えながら、モータの回転によってロープにね

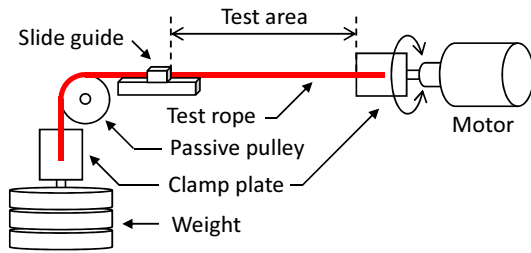


Fig.2 Model of twist durability experiment device

Table 1 Experiment condition at rope diameter 2.0 mm

張力	繰り返し回数	ねじり量
490 N	70000 回	±180 deg/100mm

じりを加える。ねじりを加える領域の長さを一定に保つために、ロープの重り側でスライドガイドを用いて試験ロープをクランプし、ロープの回転のみを拘束している。ロープがクランプされている端の部分では、ねじり以外にもクランプ板との摺動が生じるため、大きな強度低下が起こることが想定される。本実験ではねじりのみによる強度低下を測定したいため、引張試験時にクランプ端での強度低下の影響が出ないようにロープの試験領域の長さを1mとしている。表1に実験条件を示す。1mのロープに±180 deg/100 mmのねじりを加えるため、ロープ端は±5回転することになる。

評価はいずれも直径2.0mmの(1)超高分子量ポリエチレン繊維ロープ(ハヤミ工業:DB96HSL,原糸はダイニーマ),(2)ステンレスワイヤロープ(SINYO:SB-200,7x7)の2種類に対して行った。本試験では7万回の繰り返しを行うため、試験に要する時間は約12時間38分である。

4 実験結果

耐久試験を行った試験片に対して引張試験機(島津製作所:AG-I,最大張力100kN)を用いて引張強度を求め、更に次式により強度効率を算出して(1)(2)のそれぞれのロープの強度効率を求めた。

$$\text{強度効率} = \frac{\text{耐久試験後の引張強度}}{\text{通常時の引張強度}} [\%] \quad (1)$$

ここで、ロープ(1)(2)の耐久試験前の引張強度はそれぞれ4.29kN, 3.55kNである。それぞれのロープの2つの試験片の強度効率を図3に示す。(2)は95%以上の強度効率を示していることから、繰り返しねじりによる強度低下はほぼ無いと考えることができる。一方で(2)の強度効率は約80%であり、繰り返しねじりによる強度低下が確認された。耐久試験後の試験片を観察すると、ロープの素線が損傷し毛羽立っていることが確認された。ねじりによってロープ内部で素線同士が擦れ合うことによって素線が損傷し、強度低下が起こったと考えられる。

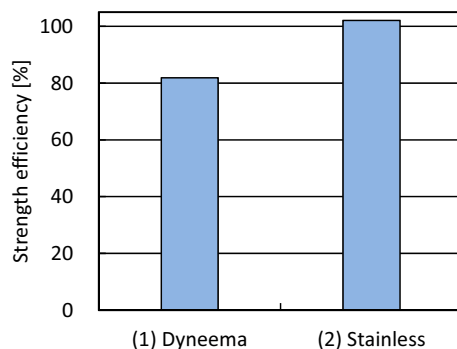


Fig.3 Strength efficiency of durability tested ropes

5 結論

高強度化学繊維ロープの繰り返しねじりによる引張強度への影響を実験的に調べた。超高分子量ポリエチレン繊維ロープでは繰り返しねじりによる素線の損傷と、引張強度の低下が生じた。今後は他の高強度化学繊維ロープにも同様の試験を行うとともに、実験時のねじり量を変化させるなどして、様々な条件下でのデータを取得する予定である。

謝辞

この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務の結果得られたものです。

参考文献

- [1] S. Kitano, S. Hirose, G. Endo and E. F. Fukushima, "Development of lightweight sprawling-type quadruped robot TITAN-XIII and its dynamic walking," Intelligent Robots and Systems (IROS), 2013 IEEE/RSJ International Conference on Tokyo, pp. 6025-6030, 2013.
- [2] 洗津, 山田浩也, 遠藤玄, パウロデベネスト, ミケーレグアラニエリ, 風間裕人, 長友一郎, 広瀬茂男, "原発の空中点検を行う干渉ワイヤ駆動型多関節アームの開発—立体関節機構の導入と小型モデル機の試作—", 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2013, 2013.
- [3] 機械設計便覧編集委員会, 機械設計便覧, 丸善, 第3版, 1992
- [4] 東京製綱株式会社 ワイヤロープ, <http://www.rope.co.jp/products/technical/th.02.html>
- [5] 東洋紡 ザイロン 技術資料, <http://www.toyobo.co.jp/seihin/kc/pbo/zylon-p/bussei-p/technical.pdf>
- [6] Reinecke, J. and Chalon, M. and Friedl W. and Grebenstein, M., "Guiding Effects and Friction Modeling for Tendon Driven Systems", 2014 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2014), pp.6726-6732, 2014
- [7] 遠藤玄, 洗津, 広瀬茂男, "高強度化学繊維によるワイヤ駆動のための基礎的検討 第一報: 端部クランプ固定・曲げ比率が引張強度に与える影響", 第30回日本ロボット学会学術講演会, pp.4B3-2, 2012.
- [8] 堀米篤史, 遠藤玄, 鈴森康一, "高強度化学繊維によるワイヤ駆動のための基礎的検討: 第二報: 繰り返し曲げが引張強度に与える影響", 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2015, pp.2A1-Q08, 2015.
- [9] 中村吉秀, 遠藤玄, 鈴森康, 堀米篤史, "バンドルドワイヤドライブの提案—ワイヤの捻り摺動を許容する中継機構—", 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016, pp.2P1-14b4, 2016.