T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	高強度化学繊維によるワイヤ駆動のための基礎的検討 -第八報：紫外線による強度低下-
Title(English)	
著者(和文)	兼清真人, 遠藤玄
Authors(English)	Masahito Kanekiyo, Gen Endo
出典(和文)	第37回 日本ロボット学会学術講演会講演予稿集, , ,
Citation(English)	, , ,
発行日 / Pub. date	2019, 9
Note	このファイルは著者（最終）版です。 This file is author (final) version.

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

高強度化学繊維によるワイヤ駆動のための基礎的検討
−第八報：紫外線による強度低下−

兼清 真人（東工大）　〇遠藤玄（東工大）

1. 序論

1883年にニトロセルロースが合成されて以来，多くの化学繊維が合成され高い機能性を付与した素材が開発されている．中でも高い強度を持つ高強度化学繊維が存在する．代表的な高強度化学繊維としてはパラ系アラミド繊維(ケブラー)，超高分子量ポリエチレン(UHMW-PE)繊維(ダイニーマ)，ポリアリレート繊維(ベクトラン)，ポリパラフェニレンベンズオキサゾール(PBO)繊維(ザイロン)などが存在する[1].

高強度化学繊維を用いたロープはステンレススチールワイヤと同等以上の強度を持ちながら軽量で柔軟性に優れた性質を持っており，ロボット研究の分野ではヒューマノイド[2][3]や多脚ロボット[4]に用いられている．しかしながら高強度化学繊維ロープを利用するにあたって必要な耐久性や耐候性の情報は不足している．これらは高強度化学繊維ロープを構成する繊維やその編み方などによって多様な特性が存在しうる．

これまで著者らは高強度化学繊維ロープの耐久性等に関してロープの端部固定法，曲げによる強度低下[5]，クリープ特性[6]，粘弾塑性が機構の動特性に与える影響[7][8],繰返し曲げ耐久性[9][10][11] やガンマ線が与える影響[12]などについて報告している．

一方で，高分子材料(化学繊維ロープを含む)は光により劣化が生じ特に紫外線の影響を強く受けることが知られている[13][14]．従って，屋外はもちろんのこと室内でも日光などが照射される条件での化学繊維ロープの利用には耐候性が必要となり，紫外線照射環境下での強度低下を定量的に把握することは必要不可欠である．

本研究では紫外線環境下での各種高強度化学繊維ロープの強度低下を定量的に明らかにすることを目的とする．

2. 実験

2.1 試料

評価はいずれも直径 2.0 mm の(1) UHMW-PE 繊維ロープ(ハヤミ工産：DB-96HSL，原糸はダイニーマ SK71)，(2) ポリアリレート繊維ロープ(ハヤミ工産：VB308，原糸はベクトラン HT)，(3) 芯糸にポリアリレート繊維(ベクトラン HT)，側糸にポリエステル繊維(PET)を用いたロープ(ハヤミ工産：SV-20)，(4) PBO 繊維ロープ(ハヤミ工産：ZB308，原糸はザイロン AS)，(5) パラ系アラミド繊維ロープ(ハヤミ工産：KB308，原糸はケブラー29)の 5 種類に対して実験を行った．

2.2 紫外線照射試験

紫外線源として，東芝製 FL20s 紫外線蛍光灯を用いた．

図 1 照射線源に対する高強度化学繊維ロープの設置状況

紫外線の照射強度の測定は浜松フォトニクス製フォトダイオード G5842(最大感度波長 370nm)及び G6262(最大感度波長 470nm)で行った．

高強度化学繊維ロープに対して紫外線の照射を行なった．照射線量率は線源から試料片までの距離を 1mm(図 1)とした，照射強度は G5842(最大感度波長 370nm)の測定では 44〜45 μW/mm^2 となった．試料片に対する紫外線の照射範囲は 75mm となっている．照射時間は 312.6，643.0 時間実施し総紫外線量はそれぞれ 14，28mW/mm^2 とした．

2.3 引張強度測定

引張試験機は SHIMADZU 製の AG-I 100kN を用いた．通常はそれぞれの試験条件で 3 個の試験片を用いて測定を行った．

3. 結果

紫外線照射による引張強度の低下関係を図 2 に示す．ここでは紫外線の影響を受けていない試料との比較のため，強度効率を式(1)より求めた．

$$\text{強度効率} = \frac{\text{紫外線照射後の強度}}{\text{通常時の引張強度}}\ [\%] \qquad (1)$$

図 2 より PBO 繊維ロープ，ポリアリレート繊維ロープの強度効率は大きく減少し，紫外線の影響を大きく受けていることがわかった．UHMW-PE 繊維ロープでは上記試料ほどではないが強度効率の減少していることがわかった．一方で，パラ系アラミド繊維ロープに関しては強度効率の大きな減少は見られなかった．

また芯糸にポリアリレート繊維，側糸にポリエス

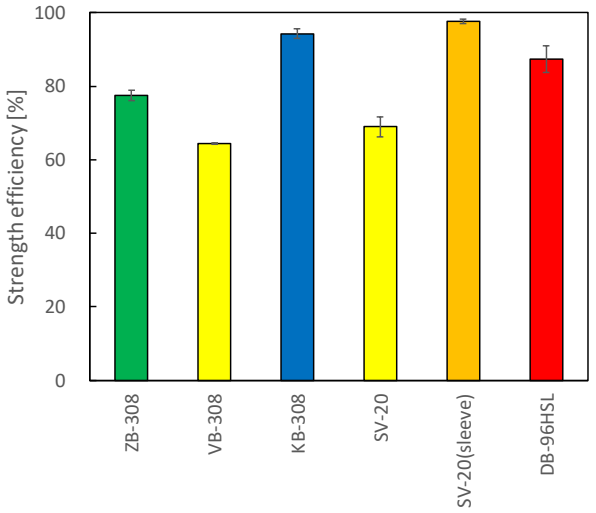

図 2 紫外線照射による高強度化学繊維ロープの強度効率(総紫外線量 28mW/mm²)

テル繊維を用いたロープにおいても同様に，中のポリアリレート繊維部分の強度効率は大きく減少していることがわかった．

これらの結果はこれまで報告さえている UHMW-PE 繊維，ポリアリレート繊維，PBO 繊維，パラ系アラミド繊維のヤーン(紡ぎ糸)に対する紫外線の照射実験の結果[15]と同様の結果となった．

4. 結論

高強度化学繊維ロープの紫外線の照射による引張強度の低下を調べた．PBO 繊維ロープ，ポリアリレート繊維ロープは大きな強度低下がみられた．パラ系アラミド繊維ロープでは高い耐紫外線性がみられた．今後は，照射時間の変更など試験条件を変更して汎用的な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) 委託業務の結果得られたものです．また，実験には東京工業大学工学院機械系轟・水谷研究室の引張試験機を使用しました．ここに感謝致します．

参 考 文 献

[1] “日本化学繊維協会よくわかる化学せんい.”, http://www.jcfa.gr.jp/fiber/super/ 2018 年 6 月 12 日閲覧.

[2] 河原塚 健人，牧野 将吾，川村 将矢，浅野 悠紀，岡田 慧，稲葉 雅幸: “骨構造一体小型筋モジュールにより構成された橈骨尺骨構造を有する前腕部の設計”, ロボティクス・メカトロニクス講演会, pp. 1A1-O11, 2017.

[3] 山野直哉，高椋慎也，細田耕: “馴染み把持を実現する劣駆動人間型ロボットハンドの開発(ロボットハンドの機構と把持戦略)”, ロボティクス・メカトロニクス講演会, pp.1A1-A11 1-4, 2008.

[4] S. Kitano, S. Hirose, G. Endo, and E.F. Fukushima: “Development of Lightweight Sprawling-type Quadruped Robot TITAN-XIII and its Dynamic Walking.”, In 2013 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.6025-6030, 2013.

[5] 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.

[6] 髙田敦，遠藤玄，鈴森康一，難波江裕之: “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三報：クリープ特性試験機の製作と初期実験”, ロボティクス・メカトロニクス講演会, pp.1P2-G07, 2017.

[7] 髙田敦，遠藤玄，鈴森康一，難波江裕之，水谷義弘，鈴木良郎: “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四報：長軸間距離試験機の製作と周波数応答”, ロボティクス・メカトロニクス講演会, pp.1P2-G08, 2017.

[8] Atsushi Takata, Gen Endo, Koichi Suzumori, Hiroyuki Nabae, Yoshihiro Mizutani, and Yoshiro Suzuki: “Modeling of synthetic fiber ropes and frequency response of long-distance cable-pulley system.”, IEEE Robotics and Automation Letters, Vol.3, Issue 3, pp. 1743-1750, 2018.

[9] 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”, ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2A1-Q08(1)-2A1-Q08 (2), 2015.

[10] Atsushi Horigome and Gen Endo: “Investigation of repetitive bending durability of synthetic fiber ropes.”, IEEE Robotics and Automation Letters, Vol. 3, Issue 3, pp. 1779-1786, 2018.

[11] 髙田敦，遠藤玄，兼清真人，鈴森康一，難波江裕之: “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六報：熱延伸されたダイニーマロープの繰り返し曲げ耐久性”, ロボティクス・メカトロニクス講演会, pp.2A1-J11, 2018

[12] 兼清真人,遠藤玄: “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七報：γ線による強度低下”, 第 36 回日本ロボット学会学術講演会, pp.1D2-03, 2019

[13] 大澤善次郎: “高分子の光分解特性”, 高分子 46 巻 6 号, pp. 398-401, 1997

[14] 松田種光: “高分子材料の劣化”, 高分子 6 巻 2 号, pp. 83-85, 1957

[15] M.A. Said, Brenda Dingwall, A. Gupta, A.M. Seyam, G. Mock, T. Theyson: “Investigation of ultra violet (UV) resistance for high strength fibers”, Advances in Space Research 37, pp. 2052–2058, 2006