

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 -第七報： γ 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)	日本ロボット学会学術講演会講演概要集, , ,
Citation(English)	, , ,
発行日 / Pub. date	2018, 9
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 -第七報： γ 線による強度低下-

兼清 真人（東工大） ○遠藤玄（東工大）

1. 緒言

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ワイヤと同等以上の強度を持ちながら軽量、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曲げによる強度低下[5]、クリープ特性[6]、伸び特性が機構の動特性に与える影響[7]や繰返し曲げ耐久性[8]、熱延伸による影響[9]、端部固定法[10]などについて報告している。

屋外や災害時の特殊な環境等では耐候性が必要となり、例えば近年の福島第一原子力発電所の廃炉作業を想定すると高放射線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。一般的な高分子材料を含んだ有機材料の耐放射線性及び使用限界線量についてのデータはこれまでに蓄積されている[11]が、これらのデータは最近 利用されつつある高強度化学繊維のデータは含まれず、またロボット研究の分野などで利用される 化学繊維ロープの形態でのデータも含まれてはいない。

本研究では高い γ 線環境下での各種高強度化学繊維ロープの強度低下を調査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-60，原系：ダイニーマ SK60），(2) UHMW-PE 繊維ロープ（ハヤミ工産：DB-60HN，原系：ダイニーマ SK71），(3) UHMW-PE 繊維ロープ（ハヤミ工産：DB-96HSL，原系：ダイニーマ SK71），(4) ポリアリレート繊維ロープ（ハヤミ工産：VB308，原

系：ベクトラン HT），(5) 芯系：ポリアリレート繊維ロープ（ベクトラン HT），側系：ポリエステル繊維（PET）を用いたロープ（ハヤミ工産：SV-20），(6) PBO 繊維ロープ（ハヤミ工産：ZB308，原系：ザイロン AS），(7) パラ系アラミド繊維ロープ（ハヤミ工産：KB308，原系：ケブラー29）の7種類に対して実験を行った。

2.2 γ 線照射試験

γ 線源として、東京工業大学コバルト照射実験施設の ^{60}Co を用いた。

高強度化学繊維ロープに対して ^{60}Co - γ 線の照射を行なった。照射線量率は線源から試料までの距離を20cm(図1)とし、600Gy/hとした。



図 1 実験装置概観

試料に対する ^{60}Co - γ 線の照射範囲は約5cmとし、照射範囲外への ^{60}Co - γ 線の影響を低減するために試料と線源の間に厚さ5cmの鉛の遮蔽材を設置した(図2)。

照射時間は16.7, 83.3, 166.6時間実施し総線量はそれぞれ10000, 50000, 100000 Gyとした。

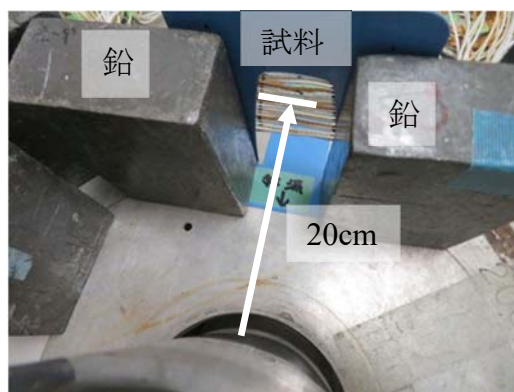


図 2 照射線源と試料の設置状況

2.3 引張強度測定

引張試験機 (SHIMADZU : AG-I 100kN) により各試験条件で 3 つの試料 (一部を除く) の破断強度を測定し, 平均値と標準誤差を調べた。

3. 結果

総照射線量と引張強度の関係を図 3 に示す。ここでは放射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。

$$\text{強度効率} = \frac{\text{放射線照射後の強度}}{\text{放射線照射なしの引張強度}} [\%] \quad (1)$$

図 3 より各種 UHMW-PE 繊維ロープの強度効率は総照射線量に対して大きく減少し, 放射線の影響を大きく受けていることがわかる。一方でパラ系アラミド繊維, ポリアリレート繊維, PBO 繊維に関しては本実験の総照射線量の範囲においては強度効率の大きな減少は見られなかった。

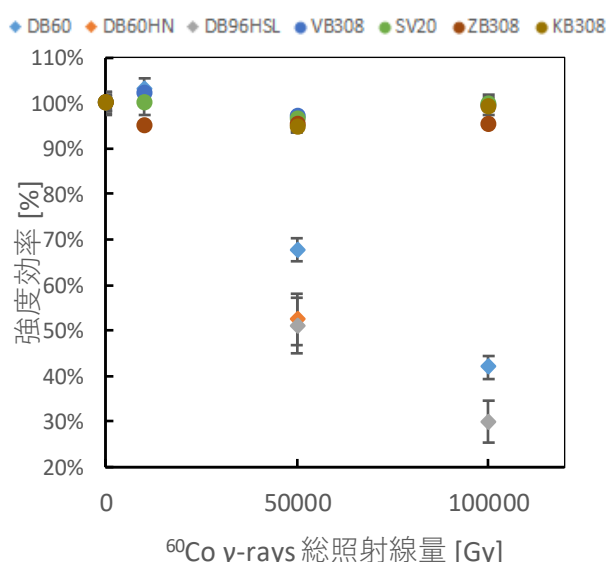


図 3 総照射線量による引張強度への影響

4. 結言

高強度化学繊維ロープの放射線の照射による引張強度の低下を調べた。UHMW-PE 繊維ロープは一般的な PE 材料と同様に大きな強度低下がみられた。その他の高強度化学繊維ロープでは高い耐放射線性がみられた。今後は, 照射強度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] 中西雄飛, 長田将彦, 上月豊隆, 溝口弘悟, 浅野悠紀, 白井琢磨, 浦田順一, 稲葉雅幸: “人体模倣筋骨格ヒューマノイド腱志郎の全身設計”, 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会, pp.1A1-K07 1-4, 2012.
- [3] 山野直哉, 高柳慎也, 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)”, 日本機械学会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] A. Horigome, and G. Endo: Basic study for drive mechanism with synthetic fiber rope - investigation of strength reduction by bending and terminal fixation method, Advanced Robotics, Vol. 30, Issue 3, pp.206-217, 2016
- [6] 高田敦, 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: クリブ特性試験機の製作と初期実験”, 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会, pp.1P2-G07, 2017.
- [7] A. Takata, G. Endo, K. Suzumori, H. Nabae, Y. Mizutani, and Y. Suzuki.: “Modeling of synthetic fiber ropes and frequency response of long-distance cable-pulley system”, IEEE RA-Letters, Vol. 3, No.3, pp. 1743-1750, 2018.
- [8] A. Horigome, and G. Endo: “Investigation of Repetitive Bending Durability of Synthetic Fiber Ropes”, IEEE RA-Letters, Vol.3, No.3, pp.1779-1786, 2018.
- [9] 高田敦, 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”, 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会 H, pp.2A1-J11, 2018.
- [10] 遠藤玄, 堀米篤史, 若林陽輝, 高田敦: “高強度化学繊維を用いたワイヤ駆動系のための基礎的検討 溝付きプーリと二重 8 の字結びによる端部固定”, 日本機械学会論文集, Vol. 84, No.864, DOI: 10.1299/transjsme.18-00067, 2018.
- [11] P. Beynel, H. Schönbacher, and P. Maier: “Compilation of radiation damage test data : part III: materials used around high-energy accelerators”, European Organization for Nuclear Research, Geneva, 1982.