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	弾性波を用いた化学繊維ロープの縦弾性係数の推定法
Title	Estimation Method for Longitudinal Elastic Modulus of Synthetic Fiber Rope Using Elastic Waves
著者	荒井優, SRY Vannei, 水谷義弘, 遠藤玄, 轟章, 鈴木良郎
Authors	Yu Arai, Sry Vannei, Yoshihiro Mizutani, Gen Endo, Akira Todoroki, Yoshiro Suzuki
出典	2019年度 秋季講演大会講演概要集, , , p. 13-14
Citation	, , , p. 13-14
Conference Name	
会議名称	日本非破壊検査協会 秋季講演大会
発行日 / Pub. date	2019, 11

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

弾性波を用いた化学繊維ロープの縦弾性係数の推定法

Estimation Method for Longitudinal Elastic Modulus of Synthetic Fiber Rope Using Elastic Waves

○荒井　優　　水谷　義弘　　遠藤　玄　　轟　章　　鈴木　良郎
Yu Arai　　Yoshihiro Mizutani　　Gen Endo　　Akira Todoroki　　Yoshiro Suzuki
東京工業大学工学院機械系
Dept. of Mechanical Eng., Tokyo Institute of Technology

Sry Vannei
Dept. of Industrial and Mechanical Eng., Institute of Technology of Cambodia

概　　要
化学繊維ロープは比強度、比剛性に優れており、近年ではロボット分野への適用が増加している。しかし、化学繊維ロープの縦弾性係数は荷重履歴に依存して変化するため、使用中のロープの縦弾性係数をその場で測定する方法が求められている。本研究では化学繊維ロープ中を伝搬する弾性波の速度を測定し、弾性波の速度からロープの縦弾性係数を推定した。そして、推定された縦弾性係数は実験から得られたロープの縦弾性係数と良く一致することを示した。

キーワード　非破壊検査、音速測定、化学繊維ロープ、ワイヤ・ケーブル

１．緒　言

化学繊維ロープは比強度や比剛性などの機械的性質に優れているため、近年ではロボット分野での適用が増加している。しかし、化学繊維ロープは荷重履歴に依存して繊維の配向、うねりなどのロープの構造が変化するため、ロープの縦弾性係数が変化する。このため、使用中のロープの縦弾性係数をその場で測定する方法が求められている。一方、金属製丸棒の縦弾性係数は棒中を伝搬する弾性波の速度および棒の密度から算出できることが知られている。そこで、本研究ではロープ中を伝搬する弾性波の速度からロープの縦弾性係数を推定することを目的とする。

２．理　論

ロープはその構造上表面に凹凸を有しているため、ロープの直径の測定方法について規格が存在しない。そこで、ロープの太さを示す指標として 1 km あたりの重量を表す tex [g/km]が一般的に用いられている。tex の値が大きいほどロープの直径は大きくなる。このため、工学分野では応力および縦弾性係数の単位として Pa が一般的に使用されているが、ロープの場合は Pa に代わり N/tex が用いられる。縦弾性係数に関して E [Pa]から E_{specific} [N/tex]への単位の変換は次式によって表される。

$$E_{\mathrm{specific}} = E/\rho \times 10^{-6} \tag{1}$$

ここで、ρ は密度 [kg/m^3]である。一方，棒の縦弾性係数 E [Pa]，密度 ρ [kg/m^3]および棒中を伝搬する低周波数の弾性波の速度 c [m/s]の間には次式のような関係が成り立つ。

$$c = \sqrt{E/\rho} \tag{2}$$

したがって、棒の密度が既知である場合、棒中を伝搬する弾性波の速度から式(2)を用いて棒の縦弾性係数が推定可能である。しかしながら、化学繊維ロープは荷重履歴に依存してその構造が変化するため、ロープの密度は変化する。したがって、式(2)を化学繊維ロープに適用する場合はロープの密度変化を考慮する必要がある。そこで、式(1)を式(2)に代入すると次式が得られる。

$$E = c^2 \times 10^{-6} \tag{3}$$

式(3)を用いることでロープの密度変化を考慮する必要なしに弾性波の速度からロープの縦弾性係数を直接算出することができる。

３．音速の測定方法

図 1 に試験の概要図を示す。試験片として高張力ポリエチレン繊維 (IZANAS, TOYOBO)から作製されたロープ (DB-60, ハヤミ工産製)を使用した。荷重履歴が異なる、すなわち縦弾性係数が異なる HMPE ロープに共振周波数が 450 kHz である 2 つの AE センサを 50 mm の間隔で取り付けた。そして、ロープに 10 N の荷重を負荷した状態で AE センサからパルス波を発振し、他方の AE センサでロープ中を伝搬する弾性波を取得した。そして取得した波形の first peak の到達時間とセンサ間距離から弾性波の速度を算出し、式(3)を用いて弾性波の速度からロープの縦弾性係数を推定した。

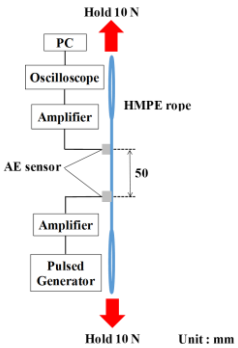

図 1　試験概要図

４．測定結果および考察

図 2 はロープに負荷された最大荷重とロープを伝播する弾性波の速度の関係を示している。ロープに負荷された最大荷重が大きいほど、弾性波の速度は増加している。図 3 はロープに負荷された最大荷重とロープの縦弾性係数の関係を示している。図 3 中の実線は弾性波の速度から式(3)を用いて推定したロープの縦弾性係数であり、点線は実験から得られたロープの縦弾性係数である。図 3 より推定結果と実験結果は良く一致している。したがって、弾性波の速度はロープの構造変化に対応して変化すると考えられる。また、この結果はロープ中を伝搬する弾性波の速度からロープの縦弾性係数が推定できることを示唆している。

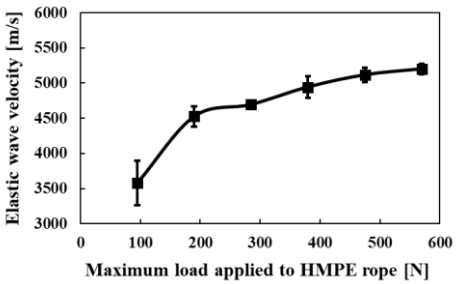

図 2　弾性波の速度の測定結果

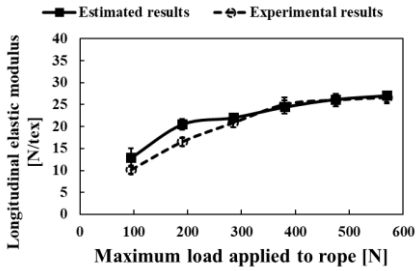

図 3　縦弾性係数の推定結果および実験結果

５．結　言

本研究ではロープの密度変化を考慮することなく、ロープ中を伝搬する弾性波の速度からロープの縦弾性係数を算出する式を提案した。提案式から推定されたロープの縦弾性係数はロープの実際の縦弾性係数と良い一致を示した。したがって、弾性波の速度に注目することで化学繊維ロープの縦弾性係数を推定できることが示唆された。