

製網機のトワイン供給シミュレーションソフトの開発

Development of Twine Supply Simulation Software of Netting Machine.

太田 幸一

Kouchi OHTA

Abstract

Simulation software of the warp twine supply with lower hook movement on net machine was developed. On software, twine is modeled by spring-beads model. The movement of twine is calculated by the differential equation of the exercise equation. It enabled this software to predict the load to lower hook from dimensions of movement of net machine and stress-strain curve of twine. By the simulation using the stainless steel wire, it was demanded that it became the load bigger than a polyester twine. This calculation result accorded with the low productivity of the net using the stainless steel wire.

Keywords：製網機、シミュレーション、個別要素法、CAE

1. 緒言

網は漁網を中心に漁業用として古くから用いられ、最近ではスポーツ、土木・建築、農業などの分野で用いる陸上ネットとしても幅広く用いられている。網の製造は、編網機が用いられる場合と、ニット用の経編機、緯編機が用いられる場合がある。編網機では複数の繊維を撚り合わせた繊維束（トワイン）を結ぶことや撚り込むことで結節部を構成している。結節を基本構造としては蛙又結びや本目結びなどがある。編網機による製網では、ビームに巻き取られ並べられたたて糸と、ポビンに巻かれシャトルに納められた複数のよこ糸（スプール）を準備する。網地はあらかじめ上部フック（上鉤）により結節が形成・保持されており、新たな結節は上部フックの下を前方から下部フック（下鉤）が通過し、たて糸を引き出し、シャトルをくぐらせて新たな結節を生成する¹⁾。

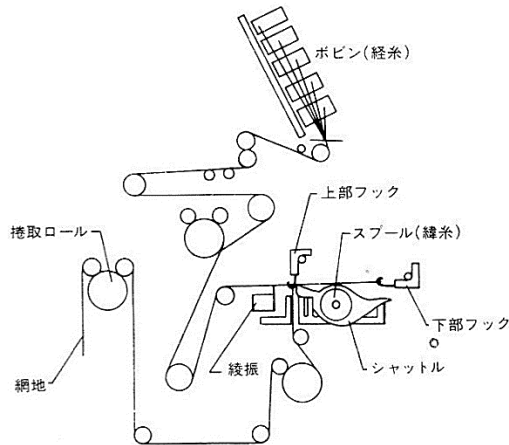


図1 製網機の構造²⁾

編網機による製網では従来はポリエステル、ナイロン、ポリプロピレン、ポリエチレンなどが用いられてきたが、陸上ネットへの展開が進むにつれて従来とは異なる高強度、高弾性率素材が用いられている。例えば、土木用では高弾性ポリエチレンが用いられ、獣害防止用のネットにはステンレスワイヤーが用いられる。高強度、高弾性率素材を用いた製網では製網機にかかる負荷が大きくなり、最悪の場合は製網できないという問題点がある。この問題を解決するためには、コンピュータシミュレーションにより製網機による製造時においてたて糸に加わる張力を計算し、装置にかかる負荷を予測する手法が必要であると考えられる。繊維産業向けの CAE の要求に対応するため、以前の研究^{3)~13)}において、織編物や糸、ロープ、網の変形に関するコンピュータシミュレーションを実現させている。これらの先行事例の技術を応用し、製造時における製網機にかかる負荷を予測するシミュレーションソフトの開発を行った。

2. シミュレーションソフトウェアの開発

編網機の下部フックによるたて糸トワインの供給・移動現象についてシミュレーション計算を行うトワイン供給シミュレーションソフトの開発を行った。開発したシミュレーションソフトは前報^{11)~13)}で確立した方法により、トワインの実測応力ひずみ曲線をパラメータとし、トワインを構成するビーズ要素の運動方程式を求め、離散化した微分方程式の数値計算によって下部フックによるトワイン引き出し時の位置および下部フックに加わる荷重を算出する。微分方程式の計算は高い精度が必要となるため、ルンゲクッタ法¹⁴⁾を用いて計算を行う。ソフトウェアの開発には Microsoft 社製 Visual Studio 2013 Professional

を使用した。開発したソフトウェアを図2に示す。



図2 トワイン供給シミュレーションソフト

3. ソフトウェアの動作確認

作成したシミュレーションソフトウェアについて、実機の稼働寸法と実際のトワインの応力ひずみ曲線をパラメータとして与え、計算の有効性の確認を行った。製網機の寸法条件を表1に、トワインの物性値を表2に示す。

表1 製網機寸法条件

| 項目 | 寸法値 |
|--------------|-----|
| 下部フック直径 (mm) | 7.0 |
| ストローク (m) | 1 |
| 移動速度 (mm/s) | 4 |

表2 トワイン素材物性値

| 試料 | 素材 | 太さ (mm) | 初期弾性率 (kgf/mm) |
|----|-----------|---------|----------------|
| A | ポリエステル | 4.8 | 4.00 |
| B | ステンレスワイヤー | 1.0 | 2.64 |
| C | ステンレスワイヤー | 2.0 | 23.7 |
| D | ステンレスワイヤー | 2.5 | 37.5 |

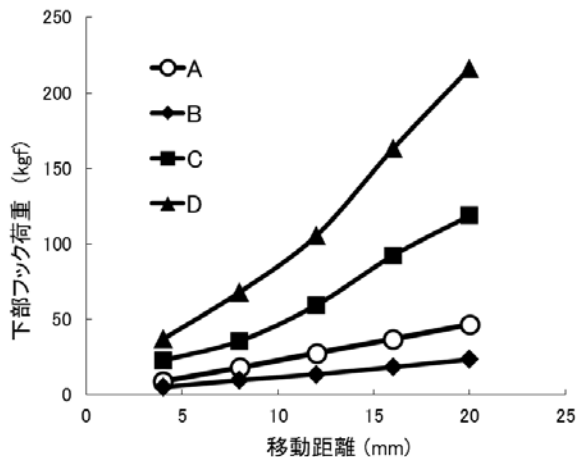


図3 下部フック移動距離と荷重の関係

シミュレーション計算によって求められた下部フック移動距離と荷重の関係を図3に示す。通常の網生産にはポリエステルである試料Aを用いているが、ステンレスワイヤーについては試料Dを製網しようとする装置が止まってしまう製網できず、試料Cでは製網時に糸切れが起こりやすいという現象が確認されている。計算結果では試料Cが試料Aの約2.6倍、試料Dが試料Aの約4.6倍の荷重となっており、生産時に発生する現象と対応していることが確認された。

4. 結言

開発したトワイン供給シミュレーションソフトを用いることで、編網機の稼働寸法とトワインの応力ひずみ曲線より、編網機下部フックによるたて糸トワインの供給に伴うフックへの負荷を予測することが可能となった。今後は実機上での下部フックに加わる荷重を測定し、シミュレーションによる予測値の妥当性について検討を行う必要があると考えられる。

謝辞

本研究の実施にあたり、解析方法について岡村政明岐阜大学名誉教授より、製網機の機構および製造条件について岡本漁網株式会社より助言を頂戴した。また、トワインの物性測定についてはあいち産業科学技術総合センター尾張繊維技術センター田中利幸氏の協力を受けた。

文献

- 1) 京都工芸繊維大学機械工芸研究室：繊維機械学会誌, **3**, 89 (1949)
- 2) 日本繊維機械学会繊維工学刊行委員会編; "繊維工学[VI]", p36, 日本繊維機械学会 (1981)
- 3) 太田幸一：繊維機械学会誌, **57**, T81 (2004)
- 4) 池口達治, 太田幸一：愛知県産技研研究報告, **4**, 188 (2005)
- 5) 特許第 479394 号
- 6) 太田幸一：学位論文, 金沢大学, (2005)
- 7) 太田幸一, 池口達治：愛知県産技研研究報告, **4**, 192 (2005)
- 8) 特開 2006-100230
- 9) 太田幸一, 池口達治：愛知県産技研研究報告, **5**, 178 (2006)
- 10) 特開 2008-242516
- 11) 太田幸一, 田中利幸, 宮本晃吉：あいち産科技セ研究報告, **1**, 126 (2012)
- 12) 特許第 5050145 号
- 13) 宮本晃吉, 太田幸一：あいち産科技セ研究報告, **3**, 128 (2014)
- 14) W.H.Press ほか 著, 丹慶ほか 訳: "Numerical Recipes in C", 530(1993)

(提出日 平成 28 年 1 月 6 日)