

研究ノート

繊維ロープの衝撃吸収特性評価

深谷憲男*1、佐藤嘉洋*2、宮本晃吉*2、村松圭介*2、
太田幸一*3、広瀬晴彦*4、古川直樹*4、牧原昇司*4

Shock Absorbing Characteristic Evaluation of Ropes

Norio FUKAYA*1, Yoshihiro SATO*2, Kokichi MIYAMOTO*2,
Keisuke MURAMATSU*2, Kouichi OHTA*3, Haruhiko HIROSE*4,
Naoki FURUKAWA*4 and Shoji MAKIHARA*4

Mikawa Textile Research Center*1~3 KANEYA SEIKO CO., LTD*4

繊維ロープは船舶用途、漁業・養殖用途、建設工事用途、救命用途など様々な目的で用いられている。落下防止用途に用いられるロープには人体の安全確保のため、落下衝撃に耐えうる強度だけでなく、落下時の衝撃を吸収する性能が求められる。そこで、本研究は静的引張試験評価と落下衝撃試験評価を行い、ロープの衝撃吸収特性の評価技術について検討した。静的引張試験評価と試作した小型落下式衝撃試験機による衝撃試験評価により、低ひずみ領域における応力-ひずみ曲線の弾性域から応力緩和までの領域と衝撃応力減衰特性に相関関係があることが示された。

1. はじめに

登山、高所作業、救命などにおいては、不安定な足場での作業となるため生命の危険が伴う。そのため、落下時の安全確保のために使用されるのがロープやワイヤーである。このため、落下防止用途に用いられるロープには落下衝撃に耐えうる強度だけでなく、落下時の衝撃を吸収する性能が求められる。そこで、本研究は静的引張試験評価と落下衝撃試験評価を行い、ロープの衝撃吸収特性の評価技術について検討した。

2. 実験方法

2.1 試料の作製

2.1.1 素材

ロープの素材は、6-ナイロンマルチフィラメント（東レ㈱、1400dtex）を使用したストランド（2×3本、Z133T/m）を用いた。

2.1.2 撚り構成条件

ストランダー（㈱市川鉄工所 ロープレーヤー用）を用いて、S85.5T/mの条件で三つ打ちロープを作製した。

2.1.3 熱処理条件

3本のストランドの撚りを安定させるため、試作したロープの熱処理を行った。熱処理条件は、試料であるロープが伸張せずにまっすぐに張る程度の荷重（以下「初荷重」と記す。）を掛けて、125℃、150℃、175℃で熱処

理を行った。

2.1.4 直径及びリード測定

各温度による熱処理後の試料を 9.8N の初荷重を掛けて、ノギスにより 6箇所測定し、その平均値を求めた。

2.2 力学特性評価

2.2.1 静的引張試験評価

万能材料試験機（㈱エー・アンド・デイ RTG1310）を用いて、試作したロープの静的引張試験評価を行った。定速伸長により、ひずみ速度を 100%/min と 1000%/min、つかみ間隔 100mm、ひ

ずみ原点は、初荷重点（9.8N）とした。各試料とも 5 測定を行い、その平均値を求めた。

2.2.2 衝撃試験評価

簡易に衝撃吸収特性を評価することを目的として、図1のような試作した小型落下式衝撃試験機

を用いた。試験条件として、落下距離 1.5m、重錘 2kg、落下衝撃荷重のサンプリングタイムを 0.5ms とした。試料は 125℃及び 175℃で熱処理をしたものを用いた。試作したロープの試験機への固定は、もやい結びで行った。各試料とも 3 測定を行い、その平均値を求めた。

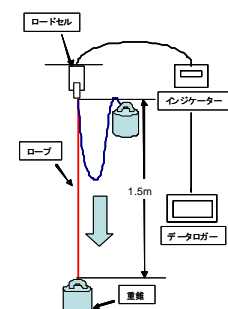


図1 小型落下式衝撃試験機

*1 三河繊維技術センター 産業資材開発室（現尾張繊維技術センター 機能加工室） *2 三河繊維技術センター 産業資材開発室 *3 三河繊維技術センター 製品開発室 *4 カネヤ製綱株式会社

3. 実験結果及び考察

3.1 試料の作製

熱処理前後の各試料の形状変化を確認するため、各試料の直径及びリード（撚り程）の測定を行った。その結果を表1に示す。熱処理後の試料の直径及びリードが小さくなっていった。これは、熱によるストランド自体の縮みにより、締め付けられて細くなったと思われる。また、熱処理温度の違いによる直径の差があまりみられないのは、ストランド自体の縮みによる変形量が、ストランド間の空隙に納まったためではないかと思われる。

表1 直径測定結果

熱処理条件	直径 (mm)	リード (mm)
熱処理前	2.18	16.3
125°C熱処理	2.12	15.8
150°C熱処理	2.09	14.8
175°C熱処理	2.10	13.6

3.2 力学特性評価

3.2.1 静的引張試験評価

一般的なロープは、熱処理をして撚りを安定させているため、熱処理後の各試料を用いて静的引張試験の評価を行った。ただし、応力はロープを真円として考え、表1の結果より断面積を求めて算出した。また、いずれの試料も引張試験機のつかみ部で切断したため、最大点引張強さに関しては考察できなかった。100%/min 及び 1000%/min のひずみ速度で行った引張試験結果を図2に示す。

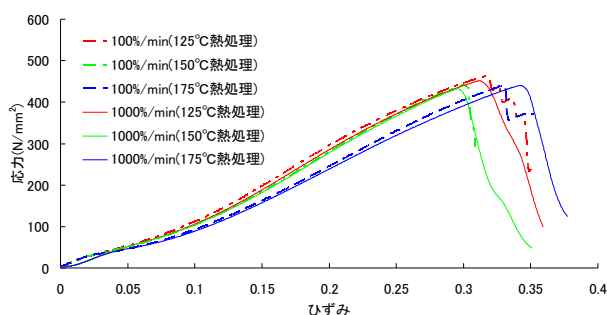


図2 引張試験結果

各試料とも、ひずみの増加にともなって応力が、ひずみ原点から線形的に増加し、その後指数関数的に減少する部分と、さらに、ひずみの増大にともなって応力が指数関数的に増加する部分があることが確認できる。線形的な部分は弾性域であり、後半は塑性域であると推定される。熱処理温度が高い試料ほど塑性域の応力の増加が小さくなる傾向がみられた。一方、ひずみ速度による違いはあまりみられなかった。また、弾性域における応力は、熱処理温度による差はほとんどみられなかった。塑性域は、熱処理による素材の粘性係数の変化の影響が少

なかつたと思われる。

3.2.2 衝撃試験評価

小型落下式衝撃試験機を用いて 125°C及び 175°Cで熱処理した試料の衝撃試験を行った結果を図3に示す。与えた衝撃応力がロープの減衰力によって時間経過にともなって、小さくなっていくのが分かる。衝撃応力の第一ピークは、両試料とも差がみられないが、第二ピークからは 175°Cで熱処理をした試料の方が、衝撃応力の最大値低減と減衰周期が速くなっている。

また、図4に示すひずみ速度が 100%/min のときの低ひずみ領域の応力-ひずみ曲線から、特に 175°Cで熱処理した試料は、低ひずみ領域において、粘り強さを特徴とするシグモイド曲線を描いている。小さな外力の増加でもひずみが進行する応力緩和を示す領域を経て、その後小さなひずみ量でも大きな外力が必要となる領域へと推移している。これは熱処理により、粘性係数（減衰係数）が変化しているためであると考えられる。それ故、衝撃応力を弾性域から応力緩和領域内で受けると、衝撃応力が速く減衰していくのではないかと思われる。

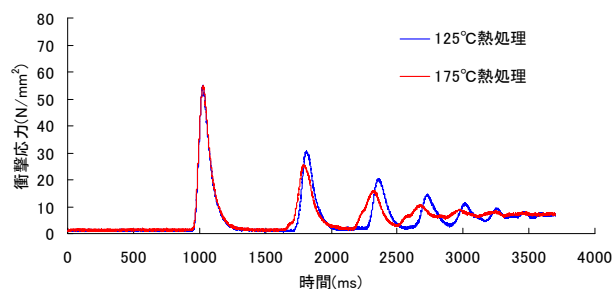


図3 衝撃試験結果

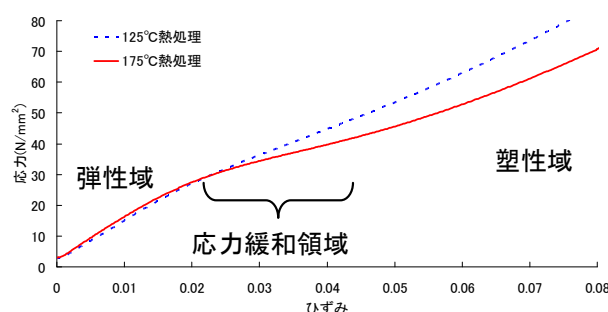


図4 低ひずみ領域の応力-ひずみ曲線

4. 結び

静的引張試験評価と衝撃試験評価により、低ひずみ領域における応力-ひずみ曲線の弾性域から応力緩和までの領域と衝撃応力減衰特性と相関性があることが推定できた。そのため、静的引張試験により低ひずみ領域における応力-ひずみ曲線が分かれば、ロープの衝撃吸収性が推定できることが示唆された。