

曲げモーメントを受けるスパイラルロープ素線のひずみ特性

防衛大学校 学生会員 ○森藤優一, 正会員 黒田一郎

1 緒言

素線の層ごとにS撚りとZ撚りが交互に現れるスパイラルロープは各素線のひずみ挙動が複雑になると予想されるもののそれに関する研究が少ない。そこで本研究は、その基礎的研究として曲げモーメントが作用するスパイラルロープ基口部のひずみ挙動を素線1本1本をモデル化したFEM構造解析によって検討するものである。

2 FEM構造解析の概要

本解析においては素線169本を有する8層からなるスパイラルロープを対象に構造非線形性を考慮したFEM解析によって構造解析を行っている。

解析モデルを図-1～3に示す。素線の直径やねじりピッチ等のロープ諸元は、実用化されているスパイラルロープを仮定して設定した。解析モデルの全長は1.6mであり、長さ30mmごとに分割した素線を、2節点3次元アイソパラメトリック梁要素でモデル化したため、要素数、節点数ともに約5000個となった。このスパイラルロープは、偶数番目の第8、6、4層がS撚りであり奇数番目の第7、5、3層がZ撚りとなっており、図-1の解析モデル側面図には最外層の第8層のみが描かれている。ここで、もっとも外側の層を第8層と称し、以降内側に行くに従って第7、6、5…層と呼ぶこととする。

この解析モデルに曲げモーメントが作用した際の変形挙動をシミュレーションするために荷重増分法を採用している。荷重増分法による荷重ステップ毎に、全要素の隣接する要素との間の接触判定を行ない、接触している場合には押し戻すためのバネ要素を導入している。このバネ要素のバネ定数は、素線直径と同じ直径を持つ球体同士のHertzの接触理論における作用力ー貫入量関係から

導いて決定した。なお接触していないと判定された要素間は、その荷重ステップにおいてはバネ要素を無効化し両者の間で力のやり取りがなされないようにした。

解析モデルの拘束条件は、図-1に示すように一方を曲げモーメントが生じる固定端、反対を自由端とする片持ち梁状に設定した。自由端側は素線間の軸方向のずれを防ぐ目的で各要素間を剛性の大きな要素で連結している。

3 解析結果

曲げモーメントを生じさせるためにこのモデルの拘束点（図-1の左側）から0.7mの断面に荷重600NをZ軸マイナス方向に作用させた際の固定端断面の素線ひずみ分布は図-4のように、最外層の第8層のひずみ分布は図-5のようになった。ひずみの大きさは色で表現されており、色とひずみの関係は図-4の左側のスケールで示されている

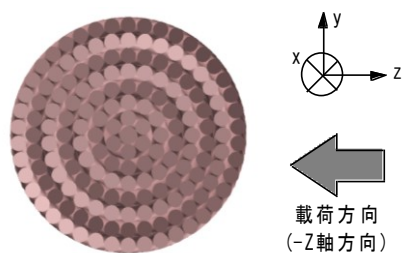


図-2 解析モデルの固定端側の側面図

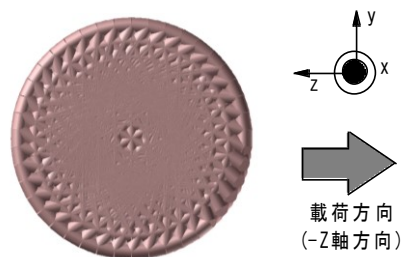


図-3 解析モデルの自由端側の側面図



図-1 解析モデルの立面図

キーワード スパイラルロープ, 素線ひずみ, FEM, 曲げモーメント

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 ikuroda@nda.ac.jp TEL : 046-841-3810

ように黄色がひずみ $\epsilon=0$ の中立で、緑から青に遷移すると引張ひずみ、赤の方へ遷移すると圧縮ひずみを表している。ロープ断面を素線の集合体として考えるのではなく密実な棒を仮定するならば、圧縮・引張の中立軸は図-4中の点Aと点Cを結ぶ直線になるが、図-4に示されるスパイラルロープのひずみ分布では、中立軸はおおよそ90度傾斜し点Bと点Dを結ぶ直線にほぼ一致する。しかも、S撚りである第8, 6, 4層は点C側が引張ひずみで点A側が圧縮ひずみなのに対して、Z撚りである第7, 5, 3層は反対に点C側が圧縮で点A側が引張となっており、各層の撚り方向の影響を受けている。

このモデルと同等の諸元のスパイラルロープ供試体を用いて解析と同じ条件で、载荷実験を行った際の素線ひずみは、図-6のようになった。実験においてはロープ表面に露出した最外層の第8層から選んだ8本の素線にひずみゲージ貼付してひずみを計測している。図-4に示した解析でのひずみ分布と同様に中立軸が棒部材を仮定した

場合と比べて回転していて、点C側が引張ひずみ、点A側が圧縮ひずみとなっていることが確かめられる。

このような中立軸の回転が载荷のどの段階で生じるのかを調べるために、図-4よりも小さな荷重150N, 300N, 450Nでの固定端の素線ひずみ分布を図-7に示す。これらから中立軸は荷重が小さい段階から90度近く回転しており、そこから荷重を増加させていっても中立軸の回転軸はおおよそ90度を保ってほぼ一定であることが分かる。

4 結 言

本解析により、スパイラルロープのひずみ分布は中立軸が回転した位置に現れ、棒部材を想定した場合とまったく異なることが明らかになった。また、この中立軸の回転角は作用する曲げモーメントの大きさには依存しないことが示された。また、S撚りである第8, 6, 4層とZ撚りである第7, 5, 3層は、中立軸が回転する向きが逆になっており、層ごとに、圧縮ひずみと引張ひずみの分布は交番することが解析で示された。

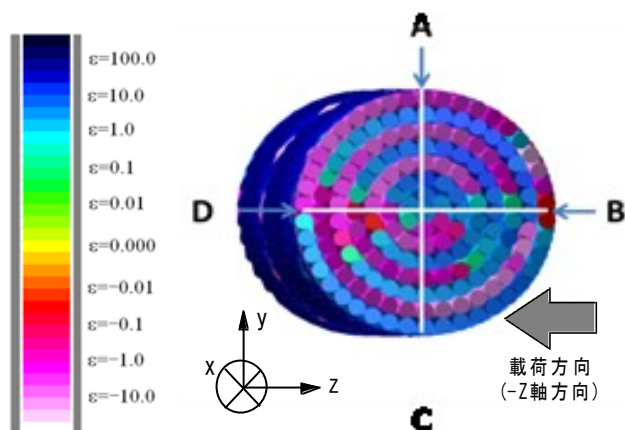


図-4 固定端でのひずみ分布 (荷重600N)

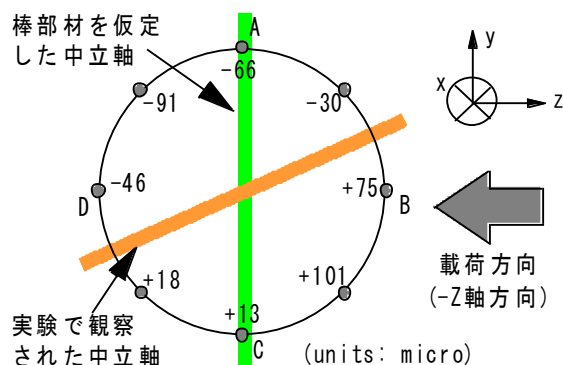


図-6 固定端での素線ひずみの実験値



図-5 スパイラルロープ表面のひずみ分布 (凡例は図-4を参照)

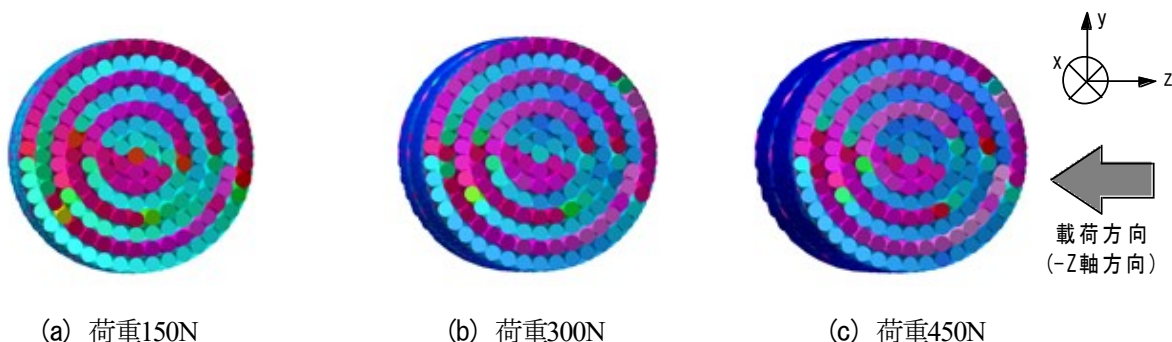


図-7 固定端での素線ひずみ分布 (荷重150~450N) (凡例は図-4を参照)