

平成 26 年 5 月 31 日現在

機関番号：56101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24760221

研究課題名(和文) 圧縮材・張力材ハイブリッド制御システムを備えた展開型テンセグリティ構造の開発

研究課題名(英文) Development of the deployable tensegrity structure equipped with the hybrid control system of compression members and tension members

研究代表者

川畑 成之 (Kawabata, Nariyuki)

阿南工業高等専門学校・その他部局等・准教授

研究者番号：70390507

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円、(間接経費) 960,000円

研究成果の概要(和文)：トラス等と比較して比強度に優れるテンセグリティ構造は、組立の困難さ等からほとんど実用化されていない。そこで本研究では災害現場での仮設構造への利用を目的とし、圧縮材と張力材の双方に伸縮機構を備えた自動展開構造の開発に取り組む。

新たな構造要素を開発し、それらを用いた実験モデルによって、構造特性試験、ならびに展開動作試験を実施した。実験結果より張力制御による曲げ剛性制御が可能であることを示し、安定した展開動作が可能となることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Tensegrity structure which has higher specific strength as compared with the trusses has not been practically used by the difficulty of assembly. Therefore, the automatic deployment structure system is developed. Our system has a telescopic mechanism in both tension and compression members and will be intended to use as a temporary structure at the disaster site.

In this research, a structural characterization experiment and a deployment operation test has been performed by using the experimental model equipped with a new nodal part and an adjustment mechanism for tension members. Experimental results indicate that the bending stiffness is controlled by a tension adjustment and the deployment operation becomes stable.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学 知能機械学・機械システム

キーワード：テンセグリティ 展開構造

1. 研究開始当初の背景

近年地球上の様々な地域で大規模な自然災害による被害が増加しており、日本もその例外ではない。災害発生後には迅速な救助活動と共に十分な被災者支援が求められ、その際必要なものの一つに仮設住宅などの構造物が含まれる。従来の仮設構造はテントやプレハブ形式のものがほとんどであるが、それぞれ設置後の安定性・居住性や設置にかかる日数・コストに問題がある。そこで比強度に優れ、容易に設置できる構造様式を開発することで、より安全で効果的な被災者支援を実現する必要がある。

2. 研究の目的

本研究は従来の構造と比較して比強度・比剛性に優れるテンセグリティ構造を利用した自動展開構造の開発に取り組み、扱いの容易な仮設構造物の実現を目的とする。テンセグリティ構造とは、図1に示すように、圧縮力を受け持つ剛体材（圧縮要素）と張力を受け持つワイヤー（張力要素）の力学的つり合いによって自立する構造であり、本構造は他の構造様式より軽量化が容易で、設置後の安定性に優れている。しかしながら組立の困難さから実用構造物への利用は進んでいない。本研究ではこれまで研究代表者が取り組んできた自動展開構造、センサ・アクチュエータ最適配置およびロボット関連技術の研究成果を活用し、新たな展開構造の実現に向けた基礎技術開発に取り組む。



Fig.1 テンセグリティ構造

3. 研究の方法

本研究では、「圧縮材制御型・超直材制御型展開構造を統合したハイブリッド展開システムを備えた自動展開テンセグリティ構造の開発」を主要なテーマとして研究を推進する。

その中で図2に示すような、1対の圧縮材が節点を共有するClass-2テンセグリティ構造の利用を目的とした翼構造モデルの力学的特性評価、および図1に示したような従来のテンセグリティ構造様式を対象に、圧縮

材・張力材同時制御による自動展開構造モデルの開発に取り組み、研究テーマの実現を目指した。

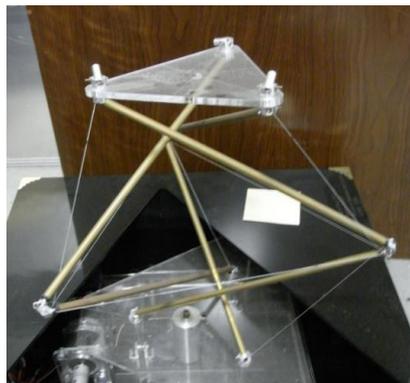


Fig.2 Class-2 テンセグリティ

24年度には、各モデルの部材開発に取り組み、新たな節点要素や圧縮材展開機構の製作を進めた。

25年度には、各構造要素を組み合わせた実験用モデルを製作し、構造の力学的特性や展開安定性を評価する実験を実施した。

4. 研究成果

4-1 テンセグリティによる翼構造

24年度の取り組みでは、構造要素開発を通して基礎的な実験モデルを製作し、片持ち曲げ試験による構造安定性の評価を実施した。同時に、張力調整機構の開発を進め、簡単な張力制御実験を行った。図3に製作した実験モデルの全体を示し、表1に諸元を示す。本モデルには図4に示すような、新たに開発した節点部品が使用され、図5に示すように翼型パネル上①～⑧の8か所両面にボルト固定されている。本部品表面は凹面を有し、圧縮



Fig.3 テンセグリティ翼構造

Table 1 翼構造諸元

Airfoil	NACA4424
Chord length	600 [mm]
Span	3000 [mm]
Distance between panels	300 [mm]
Num. of panels	11
Compressive member	A6063 pipe D=8, t=1
Tensile member	UHMWPE fiber
Airfoil panel	Acrylic (t=5)
Connection part	ABS resin

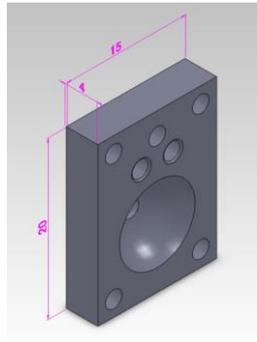


Fig.4 節点部品

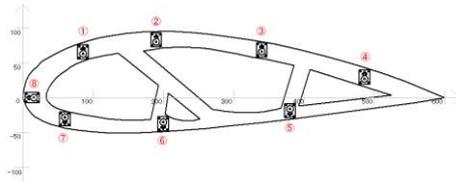


Fig.5 節点部品配置箇所

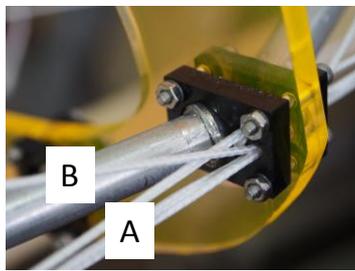


Fig.6 節点周辺図

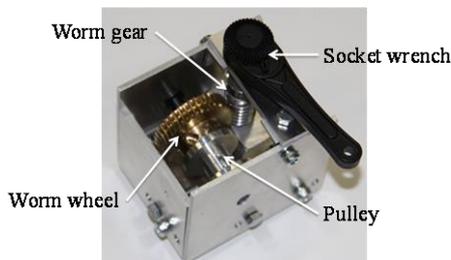


Fig.7 張力調整ウインチ



Fig.8 ウインチ設置ベース

材が回転自由度を拘束されることなく接続されている。また張力材を貫通させる、または固定するために複数の貫通孔が備えられ、張力材ネットワークの構築を簡単に行っている。図6は節点部品周辺の拡大図を表している。図中Aは軸方向張力材で、翼型パネル同士を接続するように節点部品に固定されている。一方Bは斜方張力材であり、翼端に固定されたワイヤーがパネル間をジグザグに通過しながら翼根まで貫通し、図7に示すよ

うに翼根側に設置された張力調整ウインチに接続されている。本張力調整機構は手動によって駆動され、図8に示すように8基のウインチを備えたベースを設置している。

本装置を利用して、25年度には力学特性評価試験並びに、張力制御による曲げ剛性制御試験を実施した。力学特性評価試験では図9に示すように片持ち状態とした翼構造圧縮材上に図10に示すように4枚のひずみゲージを貼付することで圧縮材のひずみ状態を測定した。軸方向の貼付箇所は圧縮材中央である。図11は片持ち状態とした場合のパネル5節点7とパネル7節点1を結ぶ圧縮材のひずみ値を、図12は翼構造を側面から見たときのたわみ状態を示している。ひずみゲージの貼付箇所は圧縮材の軸方向中央である。図11から、片持ち状態としたとき圧縮材上下のひずみ値が異なっており、曲げ応力が作用していると考えられる。理論的には純圧縮



Fig.9 片持ち翼構造

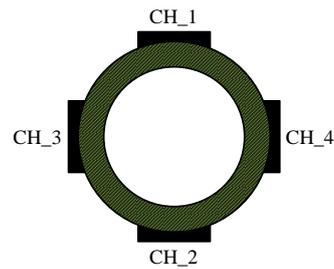


Fig.10 ひずみゲージ貼付箇所

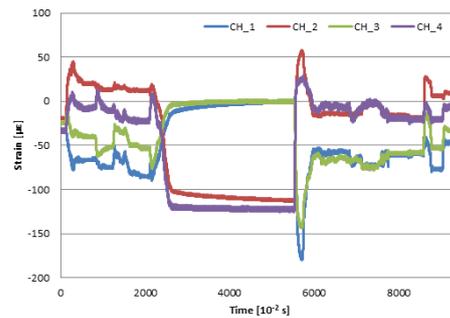


Fig.11 圧縮材ひずみ値

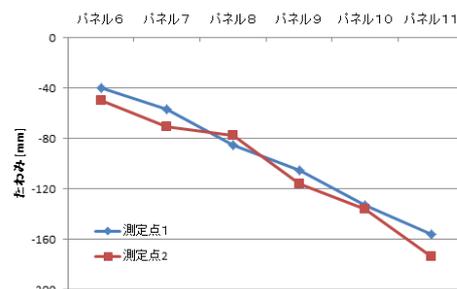
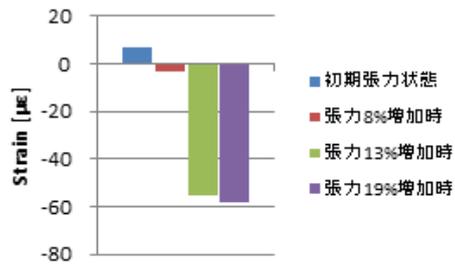
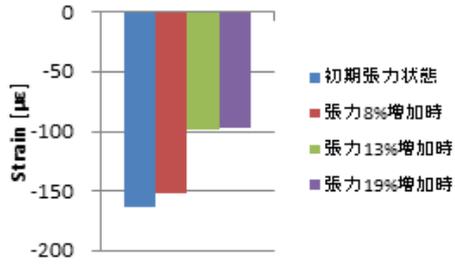


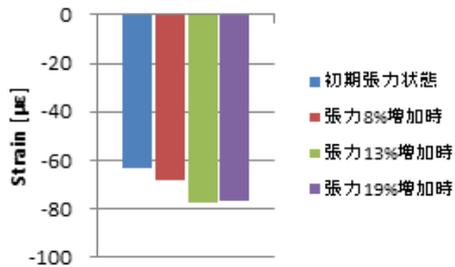
Fig.12 翼たわみ



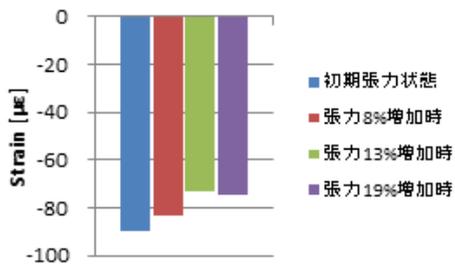
(a) CH\_1



(b) CH\_2



(c) CH\_3



(d) CH\_4

Fig.13 張力を変化させた時の圧縮材ひずみ値

状態であるが、節点位置の誤差等により若干の曲げ応力が作用しているものと考えられる。また、図 12 より構造全体が直線的なたわみ曲線を描いていることが明らかであり、理論的な 2 次形式のたわみ曲線からのずれによって、各部材に曲げ応力が作用していると予測される。一方、本研究では張力材張力を変化させた時の構造特性についても評価した。図 13 はウインチに接続された張力材の張力を、初期状態から 8%→13%→19%増加させたときのひずみ値の変化を示している。ここで計測対象とした部材は図 11 のときと同様である。これらの結果から、張力の増加によって圧縮材が純圧縮状態に近づくことが明らかである。本実験結果を利用することで構造全体の剛性を自由に制御するスマートストラクチャーが実現可能であると考えられ



Fig.14 実験モデル外観

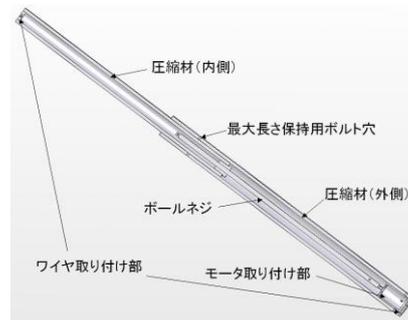


Fig.15 圧縮材伸縮機構

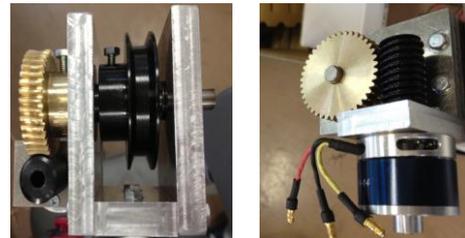


Fig.16 張力材巻取り機構

る。

#### 4-2 展開型テンセグリティ構造

24 年度には必要な要素開発まで終え、部品単位での動作試験を終了した。

25 年度の取り組みでは前年度までに開発した部品を利用して実験モデルを製作し、展開動作試験を行った。開発した実験モデルの外観を図 14 に示す。本モデルの圧縮材は図 15 に示すようにテレスコピック機構による伸縮機構を備えており、モータによって伸縮制御が行われる。一方張力材は図 16 に示すようにプーリーによる巻取り機構に接続され、モータ駆動によって張力を制御しながら伸縮制御を可能としている。本モデルを用いて展開動作試験を行った際の展開動作を図 17 の連続写真で示す。実験結果より圧縮材のみを制御して展開動作を行う場合より安定した動作を示した。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

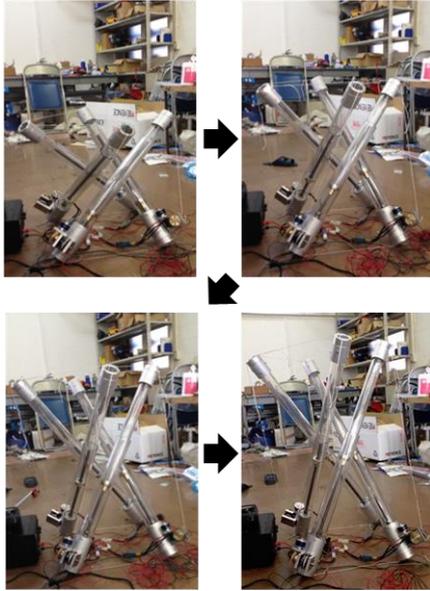


Fig.17 展開実験結果

〔学会発表〕（計 4 件）

- 1) 川畑成之, 佐光巧, 「張力調整機構を備えた Class-2 テンセグリティ構造の構造特性に関する実験的検証」, 第 56 回構造強度に関する講演会, 2014. 8, 浜松.
- 2) 佐光巧, 川畑成之, 「Class-2 テンセグリティ翼構造モデルの開発と構造評価」, 日本機械学会 2013 年度年次大会, 2013. 9, 岡山.
- 3) 川畑成之, 佐光巧, 「Class-2 テンセグリティ翼構造モデルの構造特性に関する基礎的評価」, 第 55 回構造強度に関する講演会, 2013. 8, 室蘭.
- 4) 川畑成之, 「テンセグリティ構造の軽量翼構造への応用に関する基礎的検討」, 第 54 回構造強度に関する講演会, 2012. 8, 熊本.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

川畑 成之 (KAWABATA NARIYUKI)  
 阿南工業高等専門学校・創造技術工学科機械コース・准教授  
 研究者番号：70390507