

B-9 応力制御部材の集合で形成された等張力曲面形状部材の提案と可能性の検討

Proposal of Tention-Like shaped Structure Integrated of Stress - Controlled Members

○久保山武³, 岡田章¹, 宮里直也¹, 斎藤公男²

*Takeru Kuboyama³, Akira Okada¹, Naoya Miyasato¹, Masao Saitoh²

Abstract: Some cases have been reported the design for dynamics basis of tension structure. But they are often not considered the conversion of the dynamical resistance of the completion from the designing shape. In this paper, a new type tension-like shaped structure consist of integrated some crescent arches. The stress of these arches are controlled with pre-tensioned string arranged along the arc. In order to understand the basic mechanical characteristics, the effectiveness of the structural system controled stress is grasped by the experiments.

1. はじめに

建物の意匠設計における形態決定手法として、膜材などの比較的伸び剛性の低い材料を用いた模型に初期張力を与える実験的手法が報告されている (Fig. 1). このようにして得られた形状はテンション構造の力学的性状に基づいたものであり、境界条件と初期張力 (PS) で形状が決定される. このようにテンション構造の力学的原理を用いて得られた形状を剛な構造で実現した場合、曲げモーメントが発生するため、特別な工夫をしない限り形状決定時の軽量なイメージと異なる重厚な架構となることは避けられない (Fig2). これは形状決定時と完成時の力学的抵抗形式の転換 (形態抵抗から曲げ抵抗への転換) を考慮していないことが原因である. 一方、薄い平板や幾何学的な曲面などを用いるデザイン潮流に応じた架構を、合理的に形成することが求められている現代においては、テンション構造の形状イメージをより合理的に実現する新しい構造形式の提案が必要であると考える.

以上の観点から、本研究ではPS導入による応力制御を活かして、上記の力学的抵抗形式の転換を意識した構造システムの提案を行い、その基本的力学特性について把握することを目的とする. まず本報では、提案した構造システムの応力制御機能について実験を通して確認する.

2. 構造システム概要

Fig. 3に構造システム概要を示す. 本構造は二種類の曲率を持つ円弧からなる三日月形状の要素の集合で構成された柱状構造である. 各要素は、上下端を比較的剛な平板にピン接合すると共に、相互を中間リングで結合することで一体化されている. また、各要素は、曲率の大きな円弧に沿って配置したストリングに初期張力を導入することで積極的な応力制御が可能である. 本論では応力制御の目標として、鉛直力で生じる「長期の曲げモーメントの最大値の最小化」を設定した. なお、面外座屈抵抗や剛性付加のために一要素の形状を円弧に沿って変化させることや、要素の集合体の外側へのストリング配置なども考えている. (Fig. 3).



Figure 1. Basis for the Dynamics of Tension Structure



Figure 2. Cases of Rigid Structure

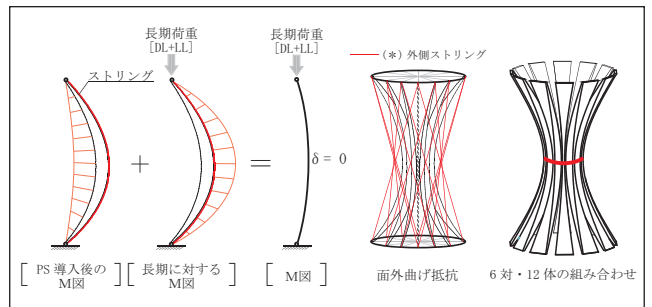


Figure 3. Outline of Structure

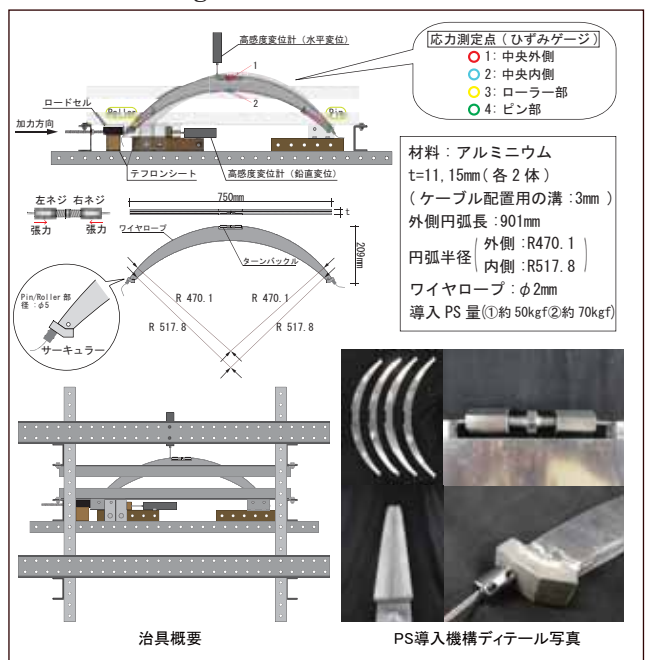


Figure 4. Outline of Experiments and Test Piece

1 : 日大理工・教員・建築 2 : 日大名誉教授 3 : 日大理工・院・建築

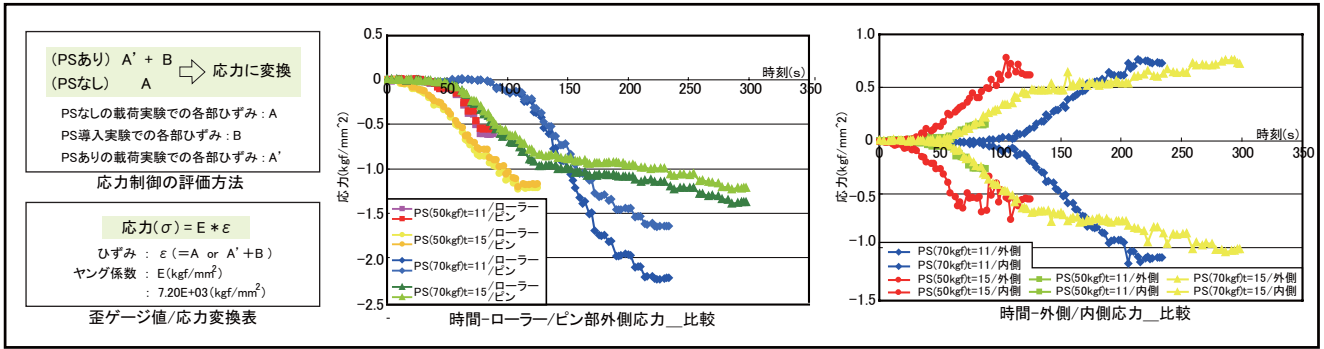


Figure 5. Evaluation Method and Conversion Table of Stress , Time - Stress Relation with Prestressing

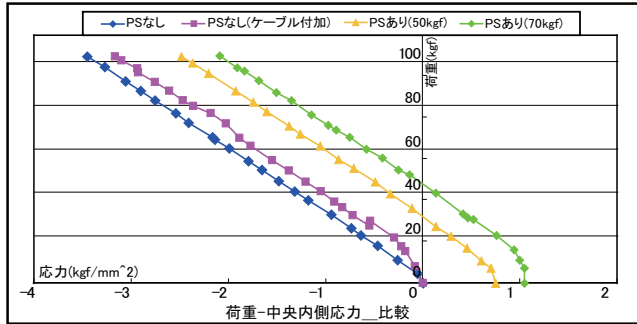


Figure 6. Load - Stress Relation on Inside of Center

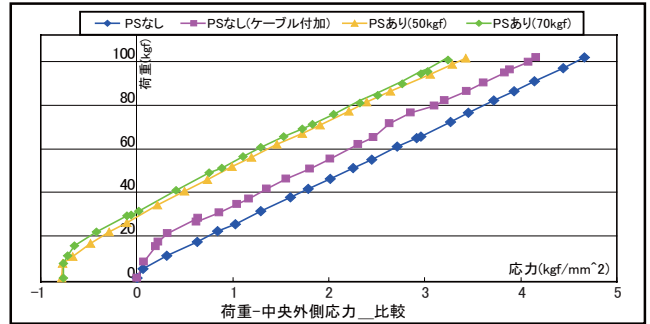


Figure 7. Load - Stress Relation on Outside of Center

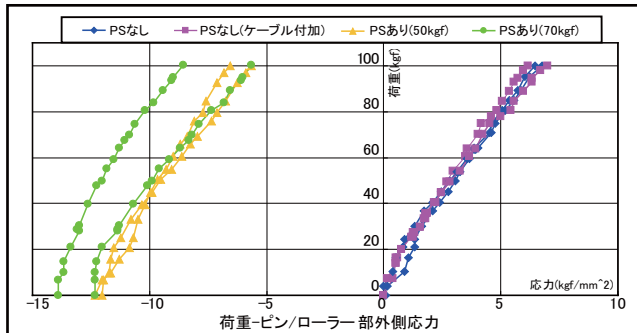


Figure 8. Load - Stress Relation on Pin and Roller

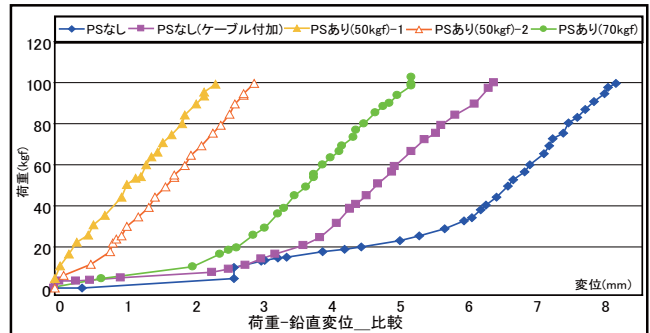


Figure 9. Load - Horizontal Displacement Relation

3. 応力制御性能確認実験

3-1. 実験目的・実験概要

本構造の曲線部材(一要素)について、鉛直荷重に対するPS導入による応力制御性能の可能性について実験により把握した。また、実験概要、試験体概要を(Fig. 4)に示す。荷重は強制変位による荷重制御とし、PS導入実験と載荷実験の応力の合計により応力制御機能を評価した。導入PS量については、導入可能なPS量をターンバックルの回転数によって定めた。

3-2. 実験結果・考察

PS導入時の各測定点の応力変化を(Fig. 5)に示す。本システムのPS導入機構では、PS量にばらつきが多少あるものの、板厚が大きく、高いPS量の試験体であるほど、両端でのばらつきが少ないPS導入が可能であることが把握された。

本構造システムで最も曲げモーメントの大きくなる試験体の中央部(外側/内側)の応力は、PSありはPSなしに比べて荷重に対する応力が小さくなり、本構造システムのPSによる応力制御性能が確認された(Fig. 6, 7)。また、本試験体形状は端部に向かって断面が小さくなっ

ているため、PSありの試験体のピン/ローラー部分の応力は、PSなしに比べて、圧縮応力が過大となり、ディテールの再検討が必要である(Fig. 8)。またPS導入時の鉛直変位は少ないが、載荷時の初期変位がPS導入によって小さくなることが把握された(Fig. 9)。しかし、導入PS量と共に、水平変位が生じるため、適切PS量やピン/ローラー部のディテールの検討が必要である。

4. まとめ

本構造システムをモデル化した実験により、本構造の応力制御性能の有効性を確認した。

今後、本報の実験結果を用いた本構造システムの解析モデルの構築を行い、解析手法の妥当性を評価する。また、三日月形状要素集合モデル(Fig. 3)の保有水平耐力と変形性能を実験と解析を通して把握する予定である。

《謝辞》本研究は、新日鉄エンジニアリング(株)の委託研究により実施しました。

【参考文献】

- [1]日本建築学会『ケーブル構造設計指針・同解説』1994.6, [2]日本建築学会『鋼構造設計基準-許容応力度設計法-』2005.9, [3]彰国社, 榎並昭『建築材料力学』1989.6, [4]丸善, 矢川元基『構造工学ハンドブック』2004.3,