

B-4

らせん形状を有する構造体の基本的構造特性に関する研究

Study on Basic Structural Properties of Helix-Shaped Structure

○朝日隆太郎<sup>3</sup>, 岡田章<sup>1</sup>, 宮里直也<sup>1</sup>, 廣石秀造<sup>2</sup>

\*Ryutaro Asahi<sup>3</sup>, Akira Okada<sup>1</sup>, Naoya Miyasato<sup>1</sup>, Shuzo Hiroishi<sup>2</sup>

Abstract: Recently, examples of helical building are reported in terms of design. Based on the viewpoint of buckling resistance performance, it is expected to control the buckling length. Because the helix is the form that weak axis and strong axis are mixed. Therefore, this paper focused on the dynamical rationality of the helix. For the purpose of this paper, the authors establish the evaluating method to apply to the building structure by clarifying the basic structural properties of the helix.

1. はじめに

近年、意匠的な観点かららせん形状を建築に応用した事例が報告されている (Fig. 1). このらせんは自然界で一般的にみられるかたちであり、らせん形状を有する工業製品も多く存在している. しかし、このらせん形状が持つ力学的合理性について論じた研究は筆者らの知る限り報告されていない.

らせん形状を対座屈性能の観点から立脚すると、弱軸方向と強軸方向が混在するような形状であるため、座屈長さを制御することで座屈等の不安定現象に対する抵抗性能の付加が期待される.

以上を踏まえ、本論ではらせん形状を有する構造体の基本的構造特性を明らかにし、建築構造への適用時における評価方法の確立を目指すことを目標として、振れ度合、断面寸法をパラメータとした座屈試験および曲げ試験を行い、諸性状の把握を試みる. 合わせてアーチを対象とした数値解析による検討を行い、本形状の建築構造への適応性について考察する.

2. 片持ち柱座屈試験

2-1. 試験概要および数値解析概要

らせん形状を有する構造体の座屈性状の把握を目的として、片持ち柱を対象とした座屈試験を行った. Fig. 2 に試験概要を示す. パラメータは試験体の振れ度合と断面寸法とした. ロードセルを介して柱先端に取り付けたケーブルをジャッキにより引き込むことで、変位増分の载荷を行った.

Fig. 3 に数値解析概要を示す. 数値解析モデルはソリッド要素にて構成し、幾何学的非線形と材料非線形を考慮した弧長増分解析を行った. 初期不整については座屈固有値解析結果に基づいた 1 次の座屈モードを形状不整として与え、最大不整量はモデル高さの 1/1000 とした.

2-2. 試験結果および数値解析結果

Fig. 4 に断面寸法 2×30mm の主応力図を、Fig. 5 に荷重 - 変位関係を示す. 試験結果および解析結果ともに振れ度合が大きくなるにつれ、最大座屈耐力が向上する傾向が確認された. また座屈モードも振れの導入によって異なった挙動を示し、座屈時の応力集中箇所

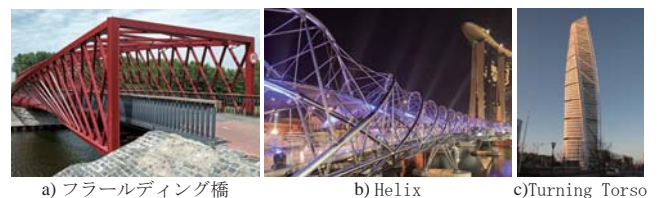


Fig.1 Examples of Twisted Structure

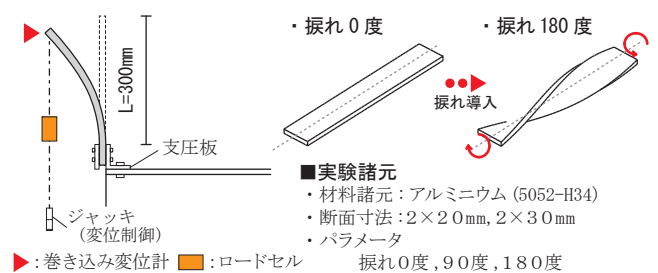


Fig.2 Outline of Buckling Experiment

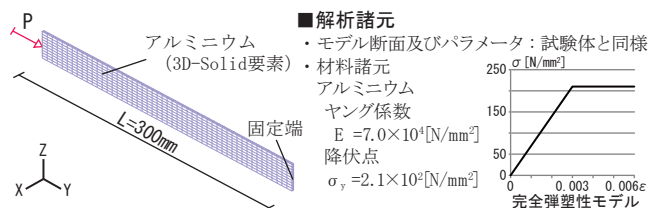


Fig.3 Outline of Buckling Analysis

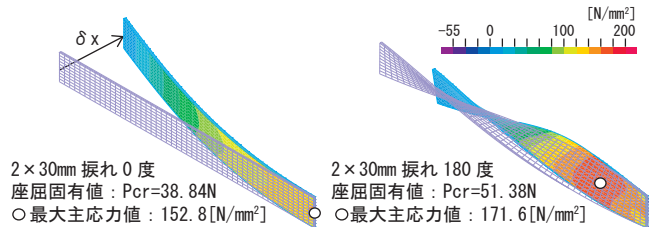


Fig.4 Principal Stress of Column Model (2×30mm)

が移動するような性状がみられた (Fig. 4 図中○印). これは、振れにより座屈長さが減少したことが要因として考えられる.

3. 片持ち梁曲げ試験

3-1. 試験概要および数値解析概要

振れ導入に伴う曲げ剛性の変化を把握するため片持梁を対象とした载荷試験を行った. Fig. 6 に試験概

1 : 日大理工・教員・建築 2 : 日大短大・教員・建築 3 : 日大理工・院 (前) ・建築

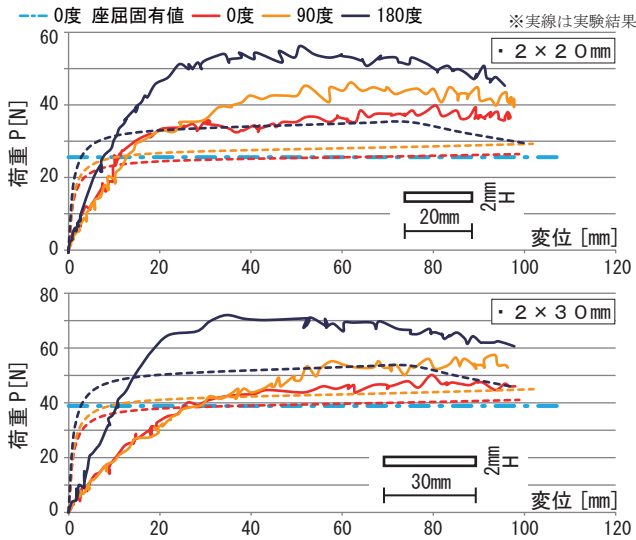


Fig.5 Result of Buckling Analysis and Experiment

要を示す。パラメータは振れ度合，断面寸法および載荷する軸方向とし，座屈試験と同様にジャッキを引き込む変位増分の載荷を行った。数値解析手法については前述の Fig. 3 に示したものと同様の条件とした。

### 3-2. 試験結果および数値解析結果

Fig. 7 に全パラメータの荷重 - 変位関係を示す。断面の違いによる性状の変化は確認されなかったが，振れ導入に伴い強軸方向では曲げ剛性が低下，弱軸方向では向上する傾向がみられ，振れの進行により，強軸と弱軸の曲げ剛性が平均化されるような性状が確認された。また振れを導入したモデルにおいて，軸方向に関わらず不安定現象がみられなかったことから，振れを導入することで不安定現象を回避しつつ，曲げ剛性の向上を図ることが出来る可能性が示唆された。

## 4. アーチモデルを対象とした数値解析的検討

### 4-1. 数値解析概要

前述の検討結果から，振れに伴い座屈耐力の向上と強軸，弱軸方向の曲げ剛性が平均化される性状がみられた。以上から建築構造への適用例として圧縮抵抗系であるアーチが適当だと考え，数値解析的検討によりその適応性について検討する。

Fig. 8 に数値解析概要を示す。振れ 0 度と 180 度の 2 つのアーチモデルを対象として，弧長増分法を用いた幾何学的非線形解析を行った。数値解析手法については前述の Fig. 3 と同様の条件とした。

### 4-2. 数値解析結果

Fig. 9 に総荷重 - 鉛直変位関係を，Fig. 10 に主応力図を示す。アーチを対象とした場合においても振れの導入により，座屈耐力が向上する傾向が確認された。また振れ 0 度のモデルにおける座屈モードは一般的なアーチの 1 次モードと一致したのに対し，振れ 180 度のモデルでは横座屈が先行するモードを示した。以上から，振れによって座屈モードの制御が可能となることが示唆された。

## 5. まとめと今後の検討

本論ではらせん形状を有する構造体の基本的な構造特性の把握を行い，建築構造への適応性について考察を行った。今後はアーチモデルを対象とした実験的検討や試設計に向けた検討を行う予定である。

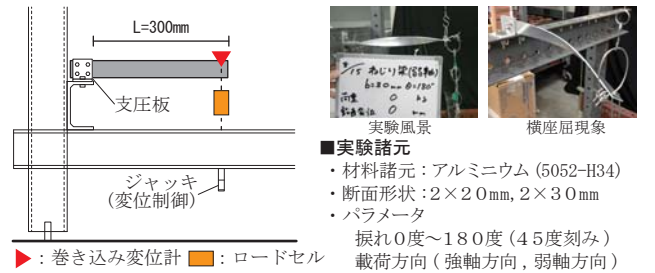


Fig.6 Outline of Bending Experiment

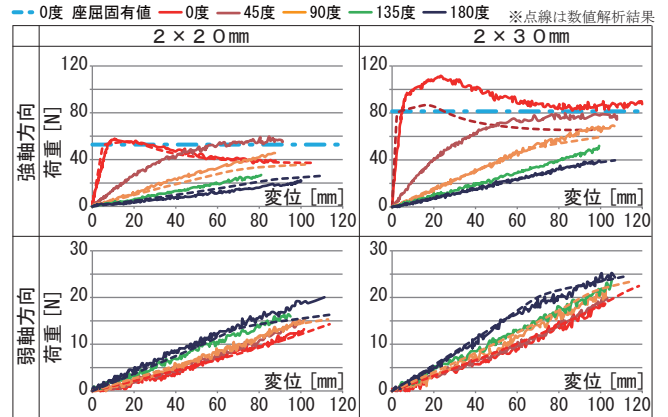


Fig.7 Result of Bending Analysis and Experiment

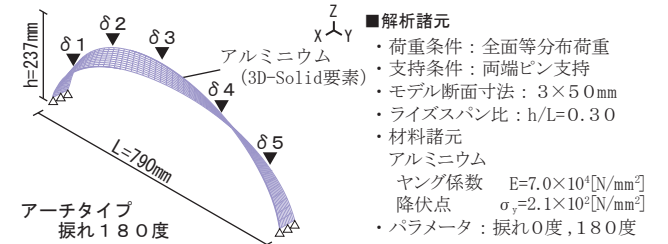


Fig.8 Outline of Buckling Analysis Targeted Arch Model

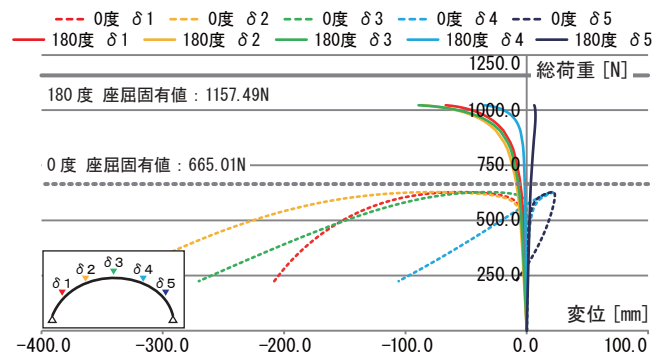


Fig.9 Total Load - Vertical Displacement Relations

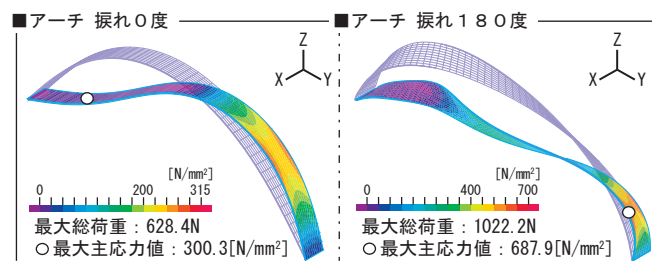


Fig.10 Principal Stress of Arch Model

### 【参考文献】

[1] 中島肇, 内山学, 西谷隆之, 岡田章, 宮里直也, 加藤千博, 斎藤公男:「アーチ型張弦梁構造の座屈性状に関する研究」, 日本建築学会構造系論文集, 第 659 号, pp.89-95, 2011.1