

## 鉛直荷重に対する張弦梁構造の崩壊挙動に関する実験的研究

### Experimental study about rotted behavior of beam string structure to the vertical load

○小野田聖輝<sup>1</sup>, 桑原歩夢<sup>1</sup>, 石鍋雄一郎<sup>2</sup>, 中島 肇<sup>3</sup>\*Masaki Onoda<sup>1</sup>, Ayumu Kuwahara<sup>1</sup>, Yuichiro Ishinabe<sup>2</sup>, Hajime Nakajima<sup>2</sup>

Abstract: The heavy climate change in recent years has many influences such as concentrated torrential rain, giant typhoon, sea level rise all over the world. One example is the damage of heavy snow in areas where snow in Japan is low. The heavy snow that attacked the metropolitan area in 2014 gave serious damage in an area with a little snow, and the large-scale building of most collapsed, and a roof collapsed. I investigate collapse behavior for the snow load by numerical analysis and experiment analysis, two approach in this study for beam string structure and weigh it.

#### 1. はじめに

2014年に首都圏を襲った大雪は少雪地域で甚大な被害を及ぼし、多くの大規模建築物が倒壊し、屋根が崩落した。こうした大規模建築物では多くの人が集まる可能性があり、人的被害が拡大する恐れがあるため対策が急がれている (Figure 1)。



Figure 1 Heavy snow damage

既往の文献<sup>[1][2]</sup>により置屋根形式の各種構造を対象に雪荷重に対する崩壊挙動を構造解析により検討している。この中で張弦梁構造の検討モデルではケーブルの降伏軸力と梁の耐力との関係により、弾塑性挙動が大きく異なることが報告されている。

既往の文献<sup>[3][4]</sup>では、縮小モデルによる実験解析により弾塑性挙動を検証し、張弦梁構造の実現象を再現している。しかし、一部のモデルでは数値解析と実験解析の結果が異なり、急激な耐力低下が確認されていたため、境界条件等のディテールおよびストリングの降伏条件等の見直しが今後の検討課題であると報告されている。

本研究では、縮小モデルによる実験解析というアプローチで実現象を把握し、張弦梁構造の弾塑性挙動を検証することを目的とする。また、数値解析と実験解析を行い、数値解析モデルとの比較を検討し、数値解析の妥当性を確認する。

#### 2. 実験計画

##### 2-1 材料試験

載荷実験に先立ちモデル A, モデル B の梁に用いる H

型アルミ鋼 2 種類と、ストリングに使用するアルミニウム (ストリング A, B) の 2 種類 (Table1) を対象とした単純引張試験の材料試験を行い、ヤング係数、降伏点などを算出し、応力 - ひずみ関係から降伏応力度を求めることを目的とする。試験方法は、試験片を日本大学理工学部タワースコラ地下に設置されているアムスラー型 300kN 万能試験機に設置し、単純引張試験を行う。

手順として初めに、デジタルノギスで試験体のアルミニウムの断面の幅と厚さを 3 ヶ所ずつ測る。1 ヶ所に付き 2 回測定し、平均を算出する。その後 3 ヶ所の平均値を用いて試験片の寸法を決定する。次に、試験後の標点間距離を計測するために必要な印をペンで標点間距離 50 (mm) となるように、中心点から 25 (mm) を左右にとる。最後に、印の長さを確認しアルミニウムの伸びを確認する。次にひずみゲージをウェブに 1 箇所、フランジ 4 箇所に貼り付ける。その後載荷を開始し、荷重 - 変位関係をモニターし、3 回測定する。試験終了後、荷重を断面積で除して応力度を算出し、両面のひずみの平均値から応力 - ひずみ曲線を作成する。その後、作成した応力 - ひずみ曲線より、ヤング係数および 0.2%耐力を算出し、応力 - ひずみモデルを設定する。

##### 2-2 既往研究の課題

既往の研究で、実験解析と数値解析の結果に相違が出た理由として、ボルトと孔径のわずかな製作誤差ができたこと、載荷時にアルミニウム孔にボルトがわずかにめり込んだこと、解析時と梁材料の降伏応力度が異なること、座屈後安定耐力に問題があることが考えられる。解決策として、ボルトと孔径のわずかな製作誤差を修正すること、規格降伏応力度と相違のない材料を選定することなどが挙げられている。

Table1 Structure Member of BSS for Numerical Analysis

モデル	部材	使用部材	剛性比 $\alpha$
A	梁	H型アルミ鋼 34.4×30×15×1.2 (A6063S-H5)	$4.9 \times 10^{-4}$
	束材	全ネジ棒 (ステンレス) + 長ナット (ステンレス)	
	ストリングA	アルミニウム 2×9 (A5052P-H34)	
	ストリングB	アルミニウム 1×9 (A5052P-H34)	
B	梁	H型アルミ鋼 34.4×16×15×1.2 (A6063S-H5)	$7.4 \times 10^{-4}$
	束材	全ネジ棒 (ステンレス) + 長ナット (ステンレス)	
	ストリングA	アルミニウム 2×9 (A5052P-H34)	
	ストリングB	アルミニウム 1×9 (A5052P-H34)	

$$\text{剛性比} \alpha = E_b I_b / (E_c \cdot A_c \cdot L^2)$$

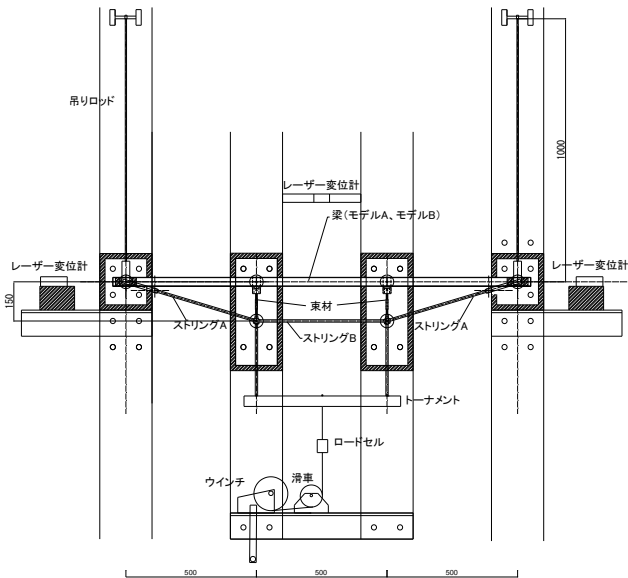


Figure3 Examination body general view

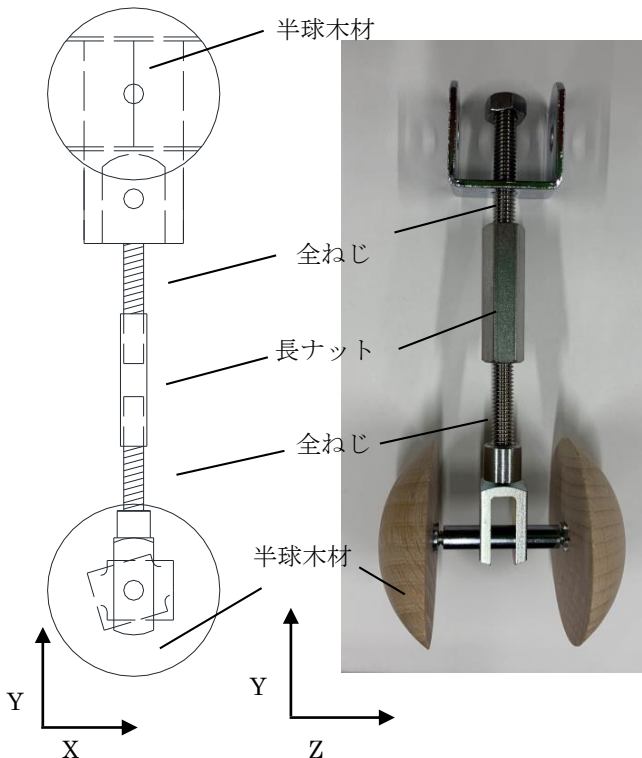


Figure4 Detailed view of bundle

### 2-3 試験体

本研究では、縮小モデルによる実験解析を把握し、張弦梁構造の弾塑性挙動を検証することを目的とする。また、数値解析により得られた結果と比較考察する。実験に使用する試験体は、両端を吊りロッドで吊り、H型アルミ鋼の梁と、アルミニウムのストリングを使用する。詳細はTable1に示す。両方ローラー端で接続されているが、これは単純支持にした場合ピンの反力が大きいためであり、実験後に水平変位を考慮する (Figure3)。

また、部材同士の細かなずれを修正するために、束は全ネジ2本を長ナットで接続したものを使用し、伸縮を可能にした。さらに、面外方向の回転を許すことにより、面外方向への座屈ができるように半球木材を取り付けた (Figure4)。

### 2-4 载荷計画及び計測計画

トーナメントを用いた変位増分型の载荷を行う。ウインチによりワイヤーロープを巻き上げることで変位を増大させ、ロードセルを取り付けることにより荷重を計測する。レーザー変位計で試験体梁中央の鉛直方向変位およびローラー支持部の水平方向変位と試験体の支持部の鉛直方向変位を計測する。またひずみゲージを貼ることで、梁およびストリングのひずみを計測する。さらに、単純梁構造についても同様に実験を行い、崩壊挙動を確認し、今回の張弦梁構造の崩壊挙動と比較する。

### 3. 今後の検討

今後の検討として、単純梁構造と張弦梁構造の縮小モデルによる実験結果を、数値解析により得られた値と比較し、妥当性を検討する。

### 4. 参考文献

- [1] 亀山涼季, 石鍋雄一郎, 中島肇: 雪荷重に対する大スパン鋼構造の弾塑性挙動に関する基礎的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 919-920, 2016年8月
- [2] 亀山涼季, 石鍋雄一郎, 中島肇: 雪荷重に対する張弦梁構造の弾塑性挙動に関する基礎的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 897-898, 2017年7月
- [3] 諸角竜之介, 石鍋雄一郎, 中島肇: 鉛直荷重に対する張弦梁構造の弾塑性挙動に関する実験的研究, 卒業論文, 2018年3月
- [4] 金山涼也, 工藤健人, 石鍋雄一郎, 中島肇: 張弦梁構造の境界条件の相違に伴う鉛直荷重時の弾塑性挙動に関する基礎的研究, 卒業論文, 2019年3月