

鉛直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

Fundamental Study on Elastoplastic Behavior of Beam String Structure for Plumb Load

○大野啓介¹, 石鍋雄一郎², 中島 肇³

* Keisuke Ohno¹, Yuichiro Ishinabe², Hajime Nakajima²

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。多くの人が集まる大規模建築物では、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。

既往の文献^{[1][2]}では、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^{[3][4]}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おらず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により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、数値解析結果と実験解析結果を比較し、数値解析の妥当性を確認する。さらに、境界条件が弾塑性挙動に与える影響を構造解析により検証する。

2. 数値解析概要

数値解析を行い、弾塑性挙動を確認する。増分解析の方法は、2点荷重の鉛直集中荷重とした弧長増分法である。解析モデルは、スパン(L)1500mm, 横補剛材間隔を500mmとした(Figure1)。梁, 束およびストリングにはアルミニウムを採用した。数値解析に使用した部材断面等をTable1に、梁, 束およびストリングの応力-ひずみ関係をFigure2に示す。H形アルミ鋼の梁フランジ幅30mmとしたモデルAおよび16mmとしたモデルBに対して、それぞれ単純支持およびピン-ピン支持とした4つのモデルを設定した。ケーブルの初期張力を0と

し、圧縮軸力による梁の座屈を考慮するために弱軸方向への挙動を考慮した3次元解析とする。梁の初期不整を横補剛材間隔の1/1000に相当する0.5mmとした複合非線形解析を行った。

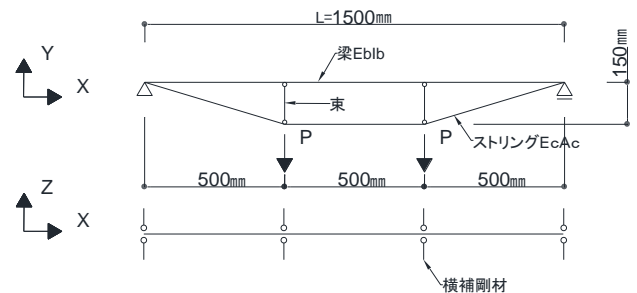


Figure1 Analysis Models for Beam String Structure (BSS)

Table1 Structure Member of BSS for Numerical Analysis

モデル	部材	使用部材	剛性比 α
A	梁	H形アルミ鋼 H-34.4×30×1.5×1.2 (A6063S-H5)	4.9×10^{-4}
	束材	アルミニウム 6×9 (A6063S-H5)	
	ストリング	アルミニウム 1×18 (A5052P-H34)	
B	梁	H形アルミ鋼 H-34.4×16×1.5×1.2 (A6063S-H5)	7.4×10^{-4}
	束材	アルミニウム 6×9 (A6063S-H5)	
	ストリング	アルミニウム 1×18 (A5052P-H34)	

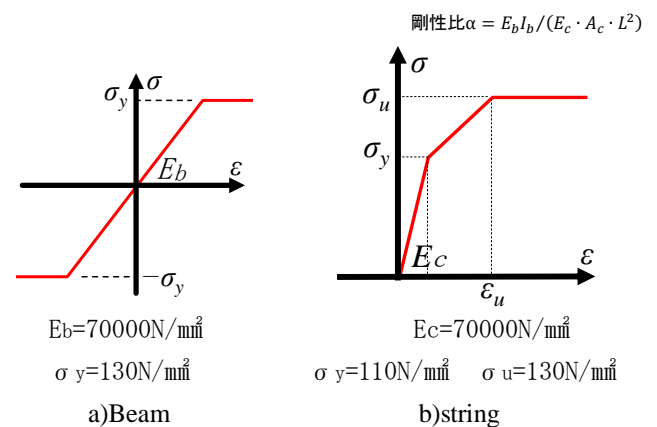


Figure2 Stress-Strain Relationship of BSS

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

3. 数値解析結果

単純支持モデル A は最大荷重約 1800N の時に緩やかな耐力低下が生じた。一方、単純支持モデル B は最大荷重約 1200N 時に急激な耐力低下が生じた(Figure3)。これら 2 モデルのストリング軸力を見ると、モデル A は降伏軸力 (約 2000N) に達しているが、モデル B は降伏軸力に達していない。このことからモデル A はストリングが先行して降伏し、その後水平変位が急激に増加していることから、梁が弱軸方向に座屈していることが分かる(Figure4)。対してモデル B はストリングが降伏する前に梁が座屈していることが分かる(Figure4, 5)。

ピン-ピン支持モデル A およびモデル B は単純支持モデル A と同様に、ストリングが先に降伏軸力に達している。ただし単純支持モデル A とは異なり、ストリング降伏後も耐力は上昇している。これは境界部がピン支持になっていることで梁には引張軸力が発生しており、それにより弱軸方向に座屈しないことが理由であると考える。

また、単純支持モデル A, B の梁の圧縮軸力の値はストリングの引張軸力の値とほぼ同値になっている。一方で、ピン-ピン支持モデル A, B のストリングは鉛直荷重が約 1500N の時に約 2000N で降伏しているが、その時の梁の引張軸力は約 800N となっており、ストリング降伏後は軸力の増加が大きくなっている(Figure5, 6)。このことから、境界部がピン-ピン支持の場合ストリングが降伏する前は梁に力が伝達されず、支持部に水平反力として伝達されることが分かる。

4. まとめ

数値解析の結果から、梁とストリングの剛性比や部材の耐力の違い、また境界条件の違いによって張弦梁構造の弾塑性挙動に相違が生じることが分かった。

今後は実験解析を行い、数値解析の結果と比較することで数値解析の妥当性を確認する。また、下部構造の剛性を考慮した境界条件での数値解析や、横補剛材間隔を変化させた場合での数値解析も行っていく。

5. 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: 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

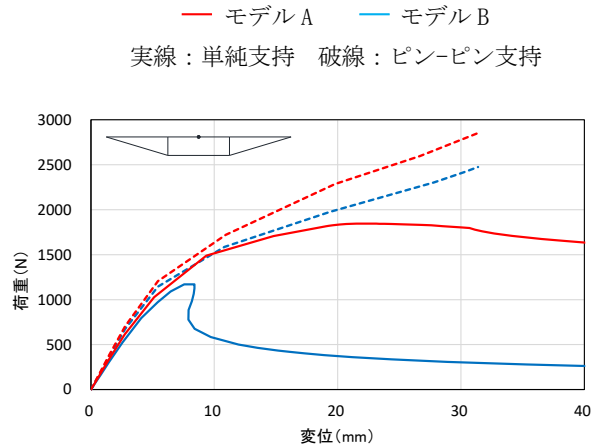


Figure3 Load-Vertical Deflection Relationship

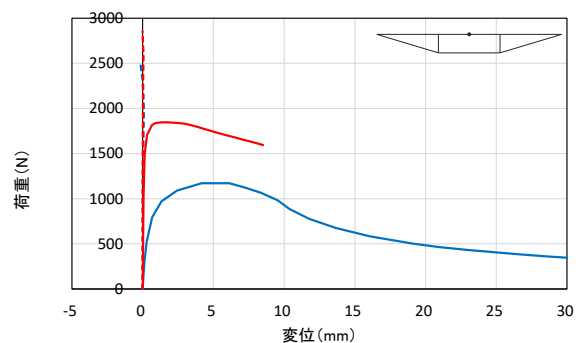


Figure4 Load-Horizontal Deflection Relationship

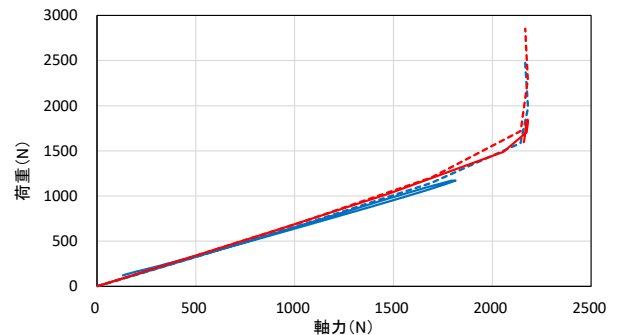


Figure5 Axial Force-Load Relationship for String

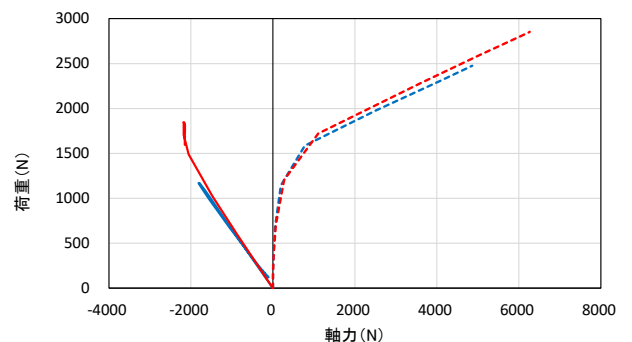


Figure6 Axial Force-Load Relationship for Beam

[4] 金山涼也, 工藤健人季, 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