

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
 Elasto-Plastic Behavior with the Difference in Boundary Condition of Beam String Structure for Plumb Load

○金山涼也¹, 工藤健人¹, 石鍋雄一郎², 中島 肇²
 Ryouya Kanayama¹, Kento Kudou¹, 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。大規模建築物では多くの人が集まるため、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]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、境界条件を変化させ、数値解析と実験解析を行い、解析結果を比較し、数値解析の妥当性を確認する。

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)900 mm,横補剛材間隔を 300 mmとした(Figure1)。梁および束は鋼材、ストリングにはアルミニウムを採用した。部材に使用した材料と部材断面を Table1 に示す。梁のサイズ、ストリングのサイズを変化させることにより 3 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 0.3 mmとした複合非線形解析を行った。

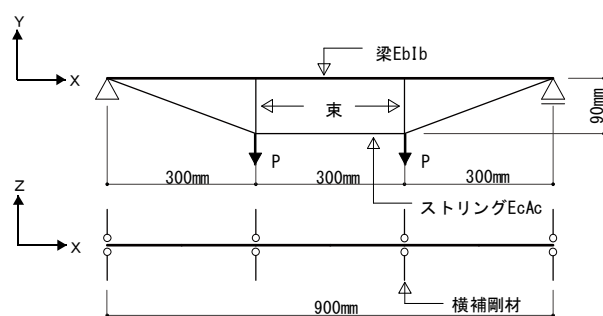


Figure1 Analysis Models for Beam String Structure (BSS)

Table1 Structure Member of BSS for Numerical Analysis

モデル	部材	使用部材	$I_y(\text{mm}^4)$	$i_y(\text{mm})$	λ_y	剛性比 α
A	梁	スチールプレート 3×9 (SS400)	20.25	0.87	346.41	1.10×10^{-4}
	束材	スチール 6×9 (SS400)				
	ストリング	アルミニウム 1×6 (A1100-H24)				
B	梁	スチールプレート 6×9 (SS400)	162	1.73	173.21	2.20×10^{-4}
	束材	スチール 6×9 (SS400)				
	ストリング	アルミニウム 1×6 (A1100-H24)				
C	梁	スチールプレート 3×9 (SS400)	20.25	0.87	346.41	0.55×10^{-4}
	束材	スチール 6×9 (SS400)				
	ストリング	アルミニウム 1×6×2枚 (A1100-H24)				

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

3. 数値解析結果

単純支持ではモデル A, C については、スパンの約 1/180 の変位で梁の弱軸方向の座屈により緩やかな耐力低下が生じた。モデル B については、梁の座屈が生じる前にストリングが先行して降伏軸力に達し、緩やかな変位および荷重の増加が確認された (Figure2)。またストリングの降伏後、ストリングと梁に生じる軸力の増加は緩やかになっている (Figure3, 4)。

両端ピンではモデル A, B, C の全てにおいてストリングが先行して降伏軸力に達し、その後変位が増加していることが確認された (Figure2)。また梁の軸力はストリングの降伏前は非常に小さく、ピンが水平力の大部分を負担していることが分かる (Figure3)。さらに単純支持のモデル B と違って、ストリングの降伏後、梁の軸

1 : 日大理工・学部(4年)・建築 2 : 日大理工・教員・建築

力が急激に増加している (Figure4). これらのことからストリング降伏に伴う変位の増加によって梁に大きな引張軸力がかかるようになったと考えられる.

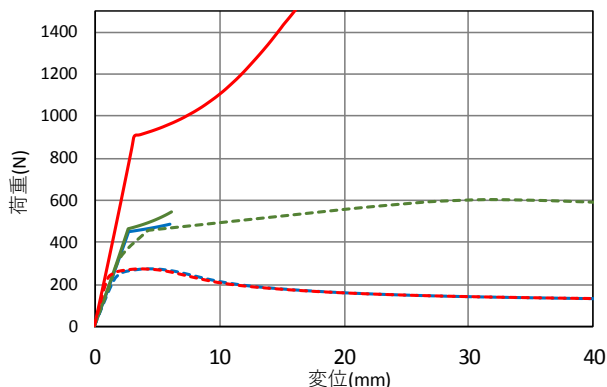
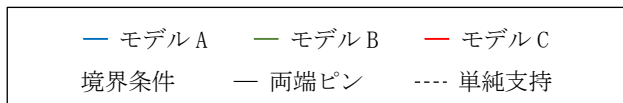


Figure2 Load-Vertical Deflection Relationship

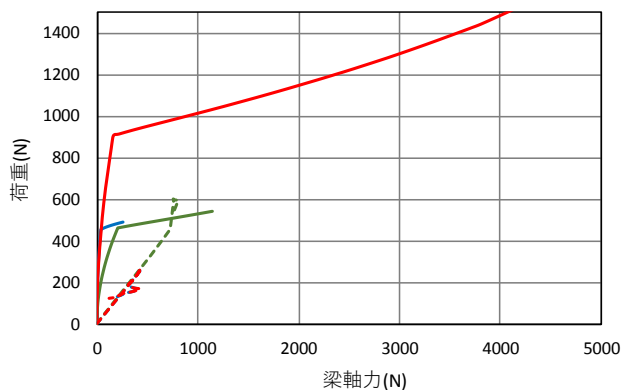


Figure3 Axial Force-Load Relationship for Beam

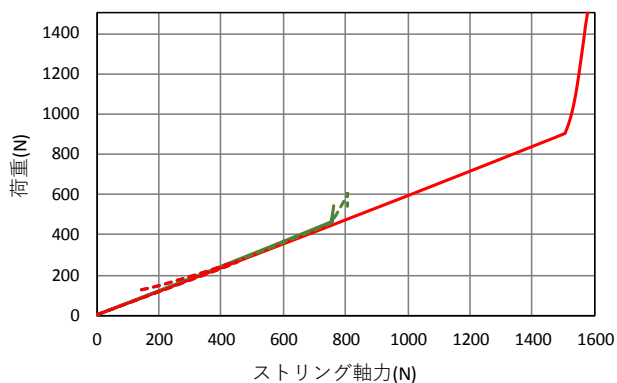


Figure4 Axial Force-Load Relationship for String

4. 実験計画

数値解析で設定したモデル (Figure1, Table1) に対して実験を行う. トーナメントを用いた変位増分型の载荷を行う (Figure5). ウィ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荷重を計測する. 高感度変位計を設置することにより試験体中央の鉛直方向変位およびローラー支持部

の水平方向変位を計測し, 張弦梁構造の荷重-変位関係を確認する. また, ひずみゲージによりストリングおよび梁のひずみを計測する.

既往の研究で急激な耐力低下が確認されなかった原因として境界部分と横補剛部分のディテールが挙げられる. 改善点を考慮した上で, 実験計画を検討した.

本実験で使用する試験体は, 梁および束に鋼材, ストリングにアルミニウムを用いる. 境界条件を単純支持, 両端ピンとする. 梁の断面をパラメーターとした試験体とストリング断面をパラメーターとした試験体, 各3体ずつ計6試験体とする.

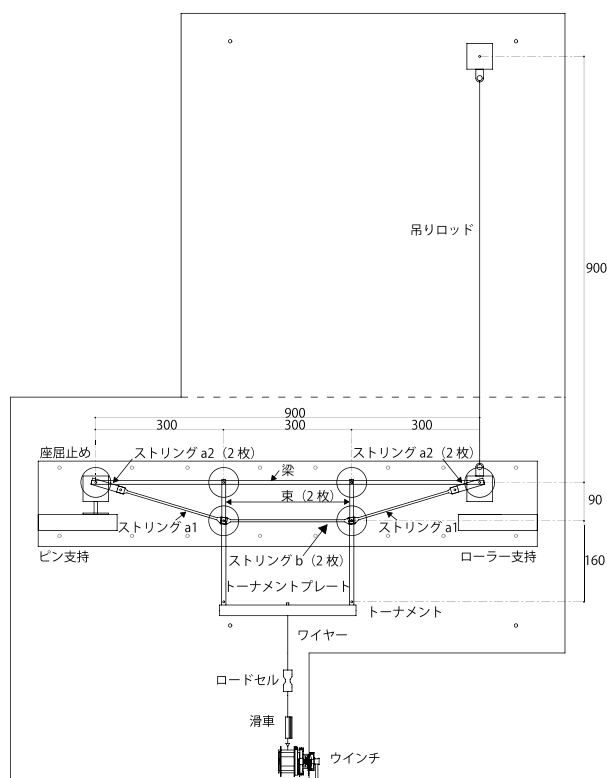


Figure5 Examination Body General View

5. まとめ

数値解析を行うことにより, 実験解析を行う際に用いる実験モデルでの弾塑性挙動を確認することができた. このデータを基に使用部材を決定し, 実験装置及び計画を検討した.

今後は, 実験解析を行い, 数値解析と比較し, 数値解析の妥当性を確認する予定である.

6. 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挙動に関する実験的研究. 卒業論文. 2018年3月