

ケーブルガーダーの張力消失時の構造挙動に関する基礎的研究 Basic Study on Structural Behavior of Cable Girder in Case of Disappearance of Tensile Force of Cable

○平野義洸³, 岡田章¹, 宮里直也¹, 廣石秀造²*Yoshihiro Hirano³, Akira Okada¹, Naoya Miyasato¹, Shuzo Hiroishi²

Abstract: The cable girder which ensure the transparency of the glass facade is a support structure in which consisting of a hanging cable and a restraining cable which are integrated by struts. In this paper, with the aim of grasping the behavior of cable girder under additional load at the time of disappearance of tension, experiment and numerical analysis were conducted.

1. はじめに

近年、機能性や意匠性を重視し、大規模なガラスファサードの建築事例が増加している。それに伴い、ガラスを支える構造システムにも軽快なデザインが求められ、点・線支持構法のガラス支持部材の縮小化、ロッドやケーブルによる支持構造とガラスとの連結方法の多様化が進んでいる。その中でも、ガラスファサードの透明性を表現できる支持構造としてケーブルガーダー形式の採用事例は数多くみられる。

ケーブルガーダーは吊りケーブルと押さえケーブルを束材により一体化した構造形式であり、ケーブルに導入される初期張力(以下「PS」と称す)を前提とする点が特徴である。付加荷重時は、ケーブル張力増減により外力に抵抗するシステムであり、従来は付加荷重時に張力消失させないことを前提としてPSの設定が通常行われてきた。しかしながら、最近では張力消失時の挙動を精密に把握する条件下で、PSを低減可能とする考えも認められつつある。以上の観点から、本論では付加荷重時に張力消失が生じた場合のケーブルガーダーの挙動について実験及び数値解析により検討を行う。

2. 小規模模型実験概要

ケーブルガーダーが風荷重を受けた際の挙動の把握を目的として、水平載荷試験を行った。Fig.1に小規模模型実験の概要を示す。小規模模型はスパン8mの実規模の $S=1/5$ を想定し、スパンは1,600mm, 3本の束をスパンに対して等間隔に配置した。ケーブルはSUSロープ($\phi 3$), 束はターンバックル付きのロッド($\phi 18$)を用いた。また、試験体は実例との相似則に基づき、ケーブルと束の質量を決定した。境界条件は両端ピン支持とした。

荷重条件は全面・半面載荷の2種類、ケーブルへの導入PS量は220N(長期10%), 670N(同30%), 1,100N(同50%), 2,200N(同100%)の4種類とした。張力導入は、ロープ端部

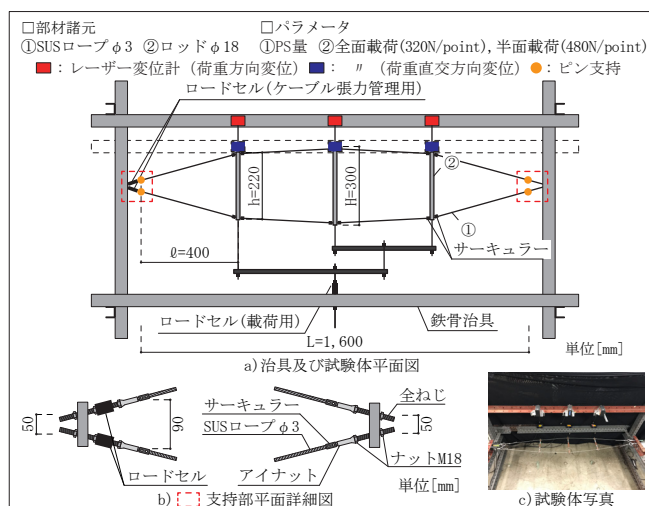


Fig.1 Outline of Experiment

に設置したロードセルによりケーブル張力を管理しながら中央部の束を伸ばすことにより目標張力を導入した。また、ケーブルへの張力導入後、束両端を圧着金物により固定することでケーブルと束を拘束した。荷重は基準風速 $V_0=34\text{m/s}$, 設計用風荷重 $2,000\text{N/m}^2$ より求めた 960N を最大値としてトーナメントを介して3本の束端部に加えた。載荷は全ねじをナットで引き込み、ケーブル軸力、荷重はロードセル(10kN級)により、変位はとレーザー変位計を用いて測定した。

3. 数値解析概要

実験結果との比較・検証を目的として、数値解析を行った。Fig.2に数値解析概要を示す。解析モデルはケーブルと束をTruss要素とし、ケーブルは非抗圧性を考慮した。境界条件は両端ピン支持とし、パラメータ、荷重条件は実験と同様とした。なお、部材の自重を考慮して解析を行った。

4. 検討結果及び考察

4-1. 全面載荷時

全面載荷時の荷重一荷重方向・荷重直交方向(構面外方向)の変位関係をFig.3に示す。両方向の変位ともに低荷重

域ではPS量の違いはみられず、荷重増加に伴うPS消失後に変位が増大している。実験値と解析値を比較すると、面内方向については解析値は実験値の約2倍の値を示しており、また面外方向については後述する張力消失後の解析値はかなり大きく得られている。これは伸び剛性及び境界部の回転性能の評価の差異が原因と考えられる。

Fig.4にケーブル軸力-荷重関係を示す。実験において、引張側のケーブル軸力増加量は最大で約1,970N(PS=220N)、最小で約1,261N(PS=2,200N)となった。解析値は、それぞれ実験値の約0.92倍、約0.84倍とほぼ良好に一致している。一方、圧縮側のケーブル軸力減少量は、最大で実験値の約1.06倍(PS=2,200N)、最小で約0.77倍(PS=220N)となった。また、載荷荷重の増加に伴い、圧縮側のケーブルで張力消失が確認され、束中央部は鉛直下向きに変位した。そのため、ケーブルガーダーには振れが生じ、本システムが有する荷重抵抗性能が徐々に低下する性状が把握された。

4-2. 半面載荷時

半面載荷時の荷重-荷重方向・荷重直交方向変位関係をFig.5、ケーブル軸力-荷重関係をFig.6に示す。荷重方向の変位は実験値、解析値ともほぼつきは少なく、PS量の影響は比較的にみられなかった。一方、荷重直交方向の変位では全面載荷時と同様、張力消失後の変位について、実験値と解析値に差異がみられた。PS=220Nと670Nに着目すると、解析では荷重の増加に伴い、束中央部は鉛直下向きに変位した。一方、実験において、PS=220Nでは載荷荷重500N時以降、束中央部は鉛直上向きに変位し、PS=670Nでは載荷荷重850Nから最大荷重まで変位は増加しなかった。これは載荷側の束端部の荷重方向の変位の増加に伴い、張力消失後の圧縮側のケーブル軸力が再び増加したことが原因と考えられる。

Fig.6より、引張側のケーブル軸力は荷重増加に伴い、単調増加を続け、実験値と解析値は概ね一致した。また、圧縮側のケーブル軸力も概ね同様の傾向を示したが、軸力減少量は実験値のほうが大きくなっている。これは束中央部の荷重方向の変位が実験値より大きいことに起因すると考えられる。

5. まとめと今後の検討

本論で得られた知見を以下に示す。

- ・実験・解析より載荷荷重の増加に伴い、圧縮側ケーブルの張力消失が確認され、束中央部が面外の鉛直下向きに変位する振れ挙動を確認した。
- ・実験において、半面載荷では載荷側の束端部の荷重方向の変位の増加に伴い、束中央部が鉛直上向きに変位することを確認した。

今後は張力消失後の振動性状の検討を行う予定である。

6. 参考文献

[1]今村, 山川, 岡田, 斎藤:「大規模ガラス・ファサードに用いるケーブルガーダーの施工時及び構造性能に関する実験的研究」, pp.113-118, 1999. 9
 [2]一般社団法人日本鋼構造協会:「鋼構造のためのガラスファサード設計・施工ガイドブック」, pp.66-68, 2014. 5

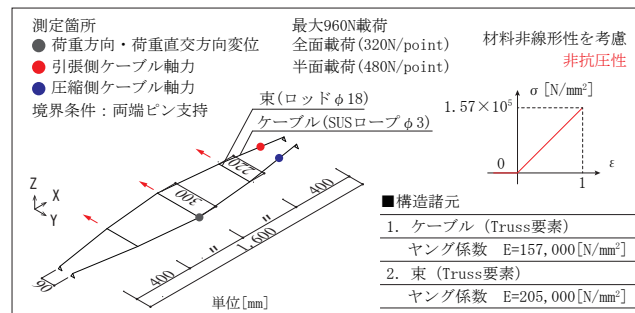


Fig.2 Outline of Numerical Analysis Model

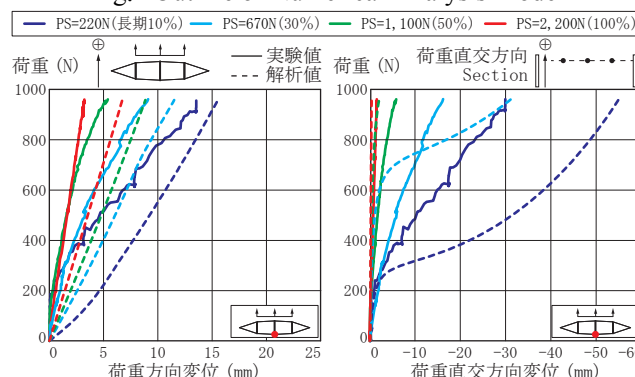


Fig.3 Relationship of Load and Displacement at Full Load

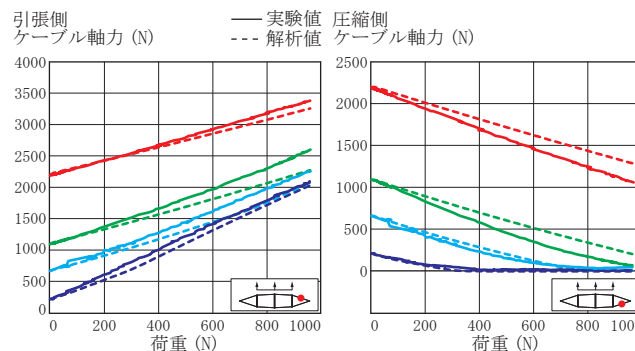


Fig.4 Relationship of Axial Force and Load at Full Load

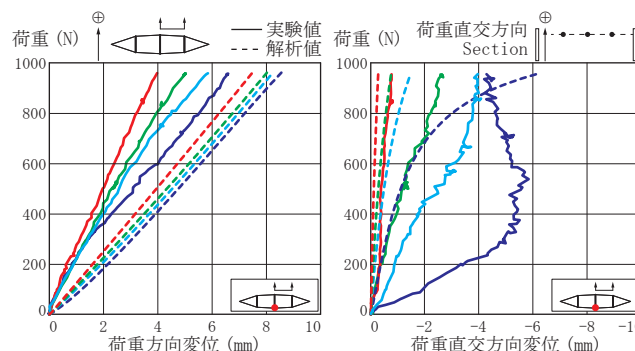


Fig.5 Relationship of Load and Displacement at Half Load

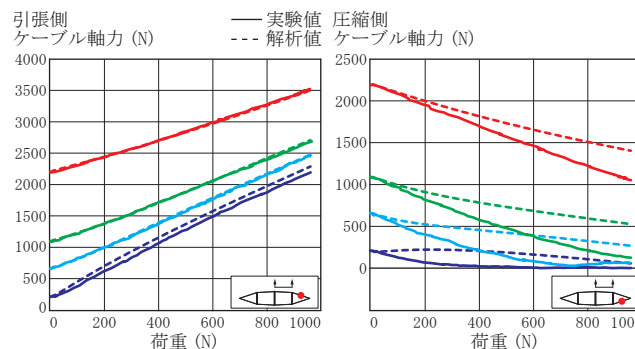


Fig.6 Relationship of Axial Force and Load at Half Load