

デプス・スパン比が極めて小さいケーブル・ガーダーに関する基礎的研究
 -小規模試験体による束の回転現象に関する検討-
Basic Study on Cable-Girders with Extremely Small Depth-Span Ratio
-Study on the Rotational Behavior of Struts Using Small-Scale Specimens-

○中井怜音³, 宮里直也¹, 岡田章², 鴛海昂¹
 *Reo Nakai³, Naoya Miyasato¹, Akira Okada², Akira Oshiumi¹

Abstract: Cable-girders are increasingly used in glass facades to resist wind loads while maintaining transparency. They consist of struts between tensile-side and compression-side cables, with depth (D) controlling resistance to central bending. Adequate D reduces cable tension and ensures rational stress–deformation behavior, but recent designs often adopt very small depth-to-span ratios (D/H). Previous studies suggested that pinned connections can prevent strut rotation under small D/H. However, the accumulation of data on this rotation phenomenon is still insufficient. From the above viewpoint, in this paper, an experimental study of a cable girder with an extremely small D/H is carried out using a small-scale test specimen.

1. はじめに

近年, ガラス・ファサードの支持架構は多様化しており, 透明性を確保したまま風荷重に抵抗できるケーブル・ガーダーの採用事例も数多く見られる. ケーブル・ガーダーは, 吊りケーブルと押えケーブル間に束材を配置した構成を有し, デプス (D: スパン中央における吊り-押えケーブル間の距離) により, 梁として中央曲げモーメントに抵抗する基本性状を有する. このため十分なデプスの存在は, ケーブル張力の低減・保持や線形的な応力変形挙動などの力学的合理性の確保のために必要となる. その一方で, 近年ではより軽快なデザインを目指し, デプス・スパン比 (以下 D/H) が極めて小さい事例も報告されている.

既報^[1]では, 極めて D/H の小さいモデル (D/H=0.06 未満) に対する検討を通じて, 耐風設計上配慮すべき静的・動的挙動の把握を行っている. その中では, 面外方向への束の回転現象に関する報告がなされており, 載荷側の面外方向をピン接合で固定することで回転現象を防止できることが示唆されている. しかし, この回転現象に関するデータの蓄積は未だ不十分である.

以上より, 本報ではD/Hが極めて小さいケーブル・ガーダーを対象とした小規模試験体を用いた実験的検討を通じて, 架構の回転現象に関するデータの蓄積を試みる.

2. 実験概要

D/H が極めて小さいモデルにおける回転現象を把握するため, 小規模試験体を用いて, 面外方向への初期不整を加えた静的面内載荷実験を行った. 実験概要を Fig.1 に示す. スパンは, 実規模の約 2/5 サイズを想定した H=6.2m とし, 束は左右の反力壁からそれぞれ 2.1m の位置に配置した. ケーブルはステンレスワイヤロープφ3 と

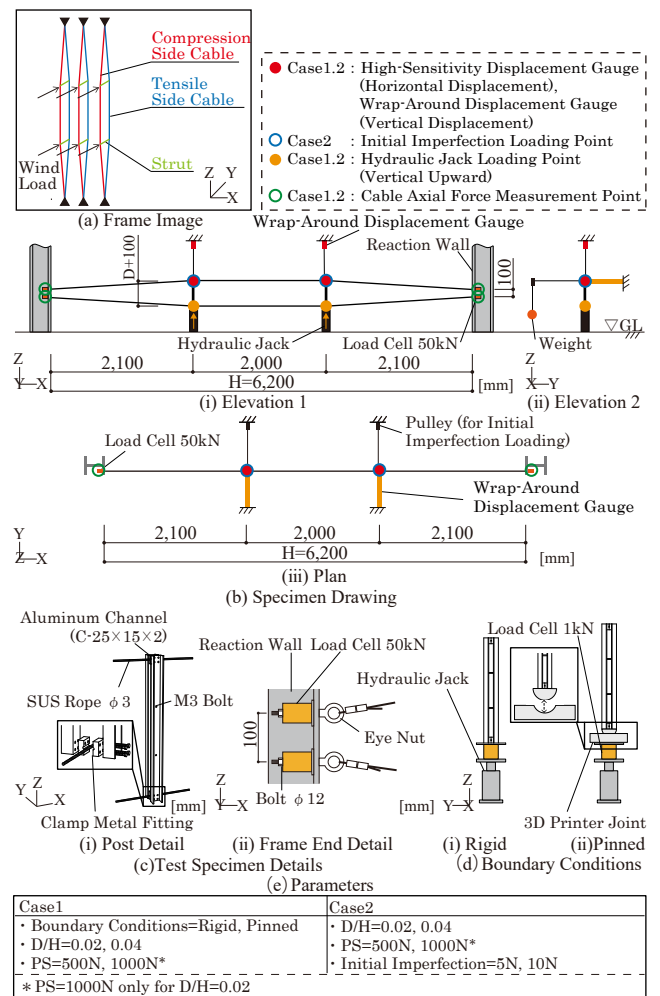


Figure 1. Outline of the Experiment

し, 束はアルミチャンネル (C-25×15×2) 2 本で構成し, ケーブルクランプ金物を用いてケーブルと接合した. 試験体は反力壁間に水平に配置し, ケーブル端部はロードセルを介してアイナットと全ねじφ12により反力壁に固定し, 全ねじを引き込むことでケーブルに張力を導入した.

1 : 日大理工・教員・建築 2 : 日大名誉教授 3 : 日大理工・院 (前) ・建築

実験は、試験体下部に設置したジャッキを押し上げることで面内载荷を行った。載荷荷重は各束あたり100N(総荷重 200N) までとした。なお、ケーブル軸力および載荷荷重はロードセル、水平変位は高感度変位計、鉛直変位は巻き込み式変位計を用いて測定した。

実験では、初期不整なし (Case1) と初期不整あり (Case2) の二つの試験体を設けた。Case2 の初期不整は、束の一端を滑車を介して面外方向に載荷することで、束に初期回転を与えた試験体である。Fig.1 (d) に束先端部の載荷点の境界条件を示す。Case1 では剛接合またはピン接合とし、Case2 ではピン接合とした。ここで、剛接合は油圧ジャッキと束の摩擦力により、載荷点の回転と載荷方向 (Z 方向) 以外の変位を拘束することで模擬し、ピン接合は 3D プリントで製作した回転のみを許容した接合部により模擬した。

パラメータは、 $D/H=0.02, 0.04$ の 2 ケース、初期張力量 (以下 PS) =500N, 1000N (1000N は $D/H=0.02$ のみ) の 2 ケースを設定した。なお、Case2 の初期不整は、面外方向の載荷荷重をパラメータとして、5N, 10N の 2 ケースを設けた。5N および 10N における初期回転角はそれぞれ $0.03 \sim 0.05\text{rad}$, $0.07 \sim 0.11\text{rad}$ である。

3. 実験結果および考察

初期不整なし (Case1) の実験結果を Fig.2, 初期不整あり (Case2) の実験結果を Fig.3 に示す。Fig.2 および Fig.3 の (a) (b)–(i) 鉛直変位より、 D/H が小さく、PS 量が小さいほど、鉛直変位(面内変位)は大きくなる。また、(iii) 軸力より、吊りケーブル軸力は増加し、押えケーブル軸力は減少する傾向を示している。

ここで、各 Case の面外変形角(各図 (ii)) に着目する。Fig.2 (a) (b)–(ii) より、Case1 の場合は多少の回転は生じているものの、最大でも 0.03rad 以下であることから、 D/H や PS 量に関係なく、変形角が微小であることを確認した。

初期不整の存在する Case2 の場合、Fig.3 (a) (b)–(ii) より、初期不整の回転角から回転が進行する現象は確認されなかった。また、Fig.3 (a)–(ii) より、PS=500N では、 D/H に関わらず、面内載荷とともに初期形状に戻ろうとする挙動を示した。また、 D/H が小さく、初期不整が小さいほど、その傾向は顕著であった。一方、PS 量が大きい場合 (PS=1000N), 初期不整により回転した状態を維持したまま面内荷重に抵抗する性状を示した。

以上、本実験では載荷と共に束の回転が進行する性状が現れず、また、初期不整量の増加と共にこの性状が顕著となる傾向も現れなかった。また、初期不整の有無による鉛直変位と軸力の関係にも大きな差異は確認されなかった。これらの原因として、初期不整の付加方法や載荷方法の妥当性、あるいは載荷に伴う復元力の発生等につ

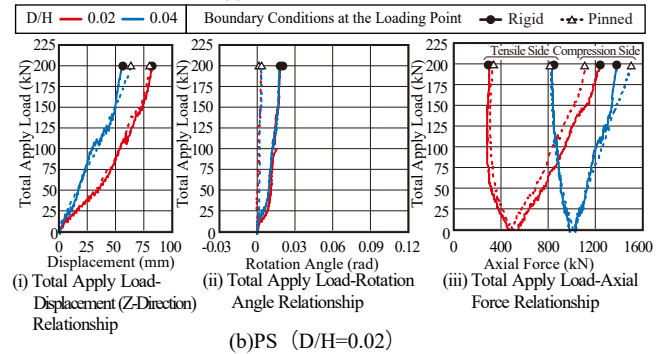
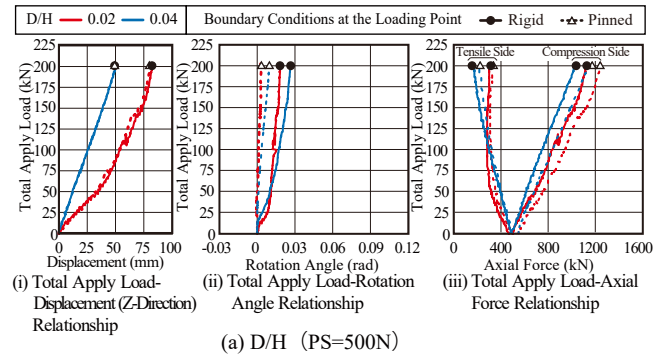


Figure 2. Results of the Experiment (Case 1 : Experimental Result without Initial Imperfection)

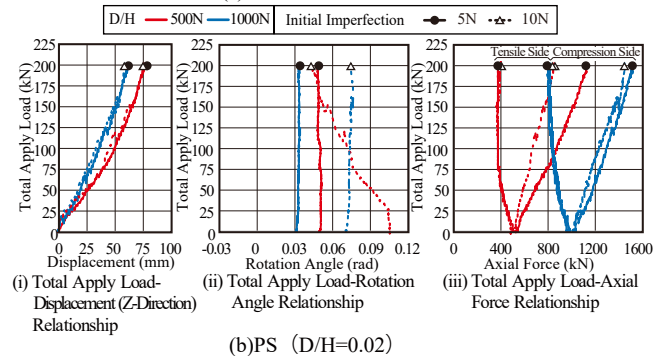
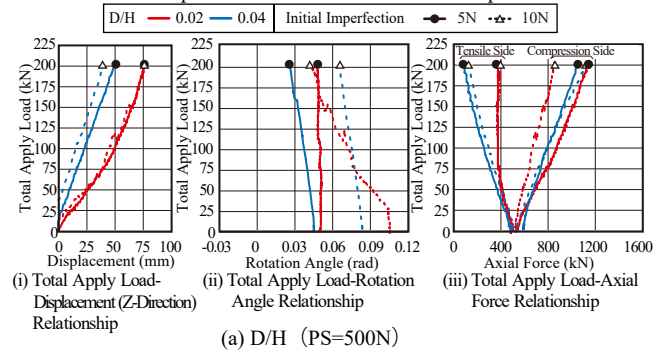


Figure 3. Results of the Experiment (Case 2 : Experimental Result with Initial Imperfection)

いて、数値解析などを通じて検証する必要があると考える。

4. まとめ

本報では、 D/H が極めて小さいケーブル・ガーダーの小規模試験体を用いた静的載荷実験より、面外方向への束の回転現象の把握を行った。今後、数値解析や理論的検討を通じて、設計資料の整備を図る予定である。

5. 参考文献

[1]野口明徳,他:「デプス・スパン比が極めて小さいケーブル・ガーダーに関する基礎的研究」,日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造 I, pp.849-854, 2025.9