

ガラスチューブの構造部材への適用性に関する研究

-Tensegric Truss TypeⅢの提案と基本的構造特性の検証-

On Applicability of Glass Tube as Structural Member

-Proposal as Tensegric Truss TypeⅢ and Examination of Basic Structural Characteristic-

○佐藤章³, 岡田章¹, 宮里直也¹, 斎藤公男²

*Akira Satoh³, Akira Okada¹, Naoya Miyasato¹, Masao Saitoh²

Abstract: Recently, the case to pursue transparency to a building should increase. Besides, the example which applied a glass tube to buildings from design-related pursuit is seen abroad. Glass has high compression strength but low tensile strength. Glass mainly fails due to tensile stress. Therefore, if tensile stress generated in the glass is reduced, glass can be applied as a structural member. In this paper, Tensegric Truss TypeⅢ proposed is comprised of the glass tube and tension member. As for the system, allotment of compression stress and tensile stress is possible, and the applicability and the basic structural behavior are verified.

1. はじめに

近年, 建築物に透明性を追求する事例が増加してきている。このような背景の下、最近ではガラスの優れた圧縮強度に着目し、ガラス自体に積極的に応力を負担させ構造部材として適用する傾向が見られる。さらに海外では、意匠性の追求からガラスチューブを建築物等に適用した例も見られる (Fig. 1)。しかし、日本においてはガラスチューブの研究報告^[1]、適用例共に希少である。

またガラスの材料特性に着目すると、理論的には高い圧縮強度を有しているにも関わらず、引張強度に関しては、微小な亀裂の存在に伴う引張強度の低下により破壊は主に、引張応力度に起因するとされている (Table. 1)。したがって、ガラスに生じる引張応力を低減できれば構造部材への適用が可能であると考えられる。

この点を踏まえて、本論では既往の研究^[1]で基本性状が把握されているガラスチューブをガラスファサードの支持架構として適用することを目的とした構造システムを提案し、その適用性と基本的構造特性について検討を行う。

2. 構造システムの提案

本論で提案するガラス架構は、Tensegric Truss TypeⅢ (以下TTTⅢ) の弦材にガラスチューブを用いたもので、ガラスチューブはジョイント金物に差し込まれ圧着接合することで圧縮力のみを伝達し、当該ガラスチューブ自体には引張応力が生じない特徴を有する (Fig. 2)。本構造は、テンション材とガラス材から構成されており、支持架構に要求される透明性を保ちつつ、ストリングへのプレストレス (以下PS) 導入による剛性の確保が可能である。

3. 数値解析的検討

3-1. 数値解析概要

提案するTTTⅢの基本的力学特性を把握するために数値解析により検討を行った。数値解析概要をFig. 3に示す。検討モデルはスパン10m、ガラス間隔1m、幅1mに対して風荷重 (WL=2kN/m²) の検討を行った。解析



Fig.1 Case example

Table.1 Specific strength

	比重	比強度 (kgf/cm ²)	
		引張	圧縮
ガラス	2.5	200	3600
コンクリート	2.3	9.31	93.1
鋼材	7.85	522	

※比強度 = 強度 / 比重

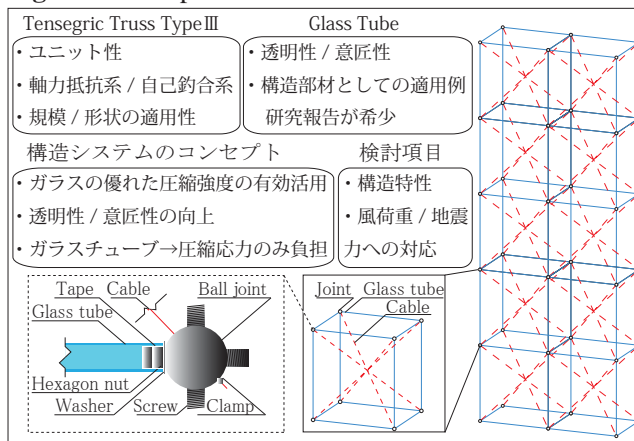


Fig.2 Proposal of the structure system

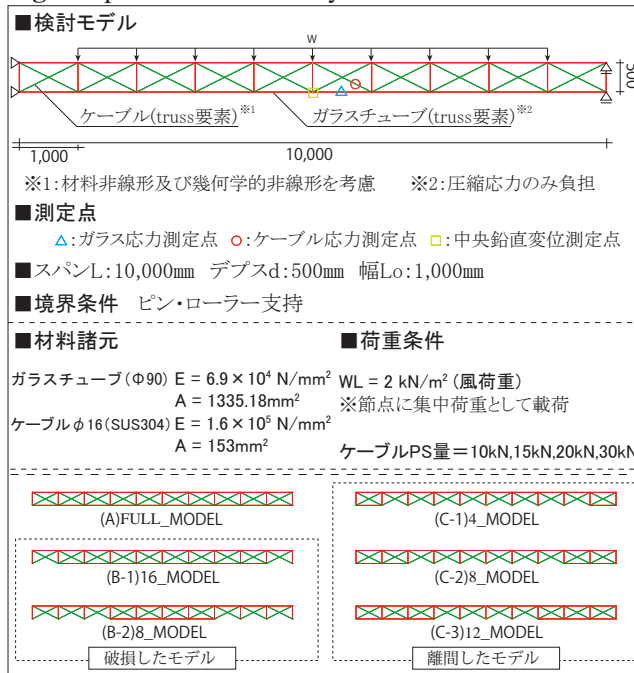


Fig.3 Outline of analysis

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

パラメータは、PS量(PS10 kN, 15 kN, 20 kN, 30 kN)とデプス・スパン比とした。また、万一のガラスの破損を想定し予めガラスを抜いたモデルと载荷時に下弦材のガラスが離間することを想定した離間モデルも合わせて作成した。なお数値解析は、ケーブルの非抗圧性を材料非線形性で評価すると共に、幾何学的非線形性も考慮した。また、ガラスチューブは圧縮応力のみ負担するように考慮した。

3-2. 解析結果〈PS量による比較〉

荷重-鉛直変位関係をFig. 4に、荷重-軸力関係をFig. 5に示す。荷重-軸力関係においてPS10 kN, PS15 kN, PS20 kN時のガラスの応力度の減少に伴いケーブル張力の増加が確認された。また、ガラスの軸力が減少すると共に中央鉛直変位が増加することを確認した。

3-3. 解析結果〈デプス・スパン比の検討〉

Fig. 6にデプススパン比-最大鉛直変位関係、Fig. 7に応力状態(PS10 kN時)を示す。提案モデルにおいて、デプスの増加に伴う剛性の向上を確認し、また各部材に働く応力は減少することを把握した。

3-4. 解析結果〈予めガラスを抜いたモデルの比較〉

Fig. 8に予めガラスを抜いたモデルの荷重-鉛直変位関係、Fig. 9に応力状態(PS30 kN時)を示す。離間したモデル(4_MODEL, 8_MODEL, 12_MODEL)、破損したモデル(8_MODEL)に関して鉛直上向きの変位が確認された。また、ガラスの応力度に注目すると離間したモデル(4_MODEL, 8_MODEL, 12_MODEL)、破損したモデル(16_MODEL, 8_MODEL)はFULLモデルに対して、応力度が増加する傾向が把握された。破損したモデル(16_MODEL, 8_MODEL)において試験体中央の引張応力度が卓越することが確認された。この性状は、ガラスチューブの本数の減少と共に顕著に表れていることがわかる。

4. まとめ・今後の検討

本研究ではガラスチューブを用いた支持架構を提案し、数値解析により基本的な構造性能を把握した。今後は小規模実験を行い、本システムの適用性を把握する予定である。

【参考文献】

- [1] 岡田, 宮里, 斎藤, 篠崎 「ハイブリッド・ガラス・チューブの構造部材への適用性に関する基礎的研究」, AIJ大会(北陸) 2010
- [2] 岡田, 宮里, 斎藤, 野本, 佐藤 「ハイブリッド・ガラス・ビームの構造部材への適用性に関する研究 - ガラスパネルを埋め込んだテンショントラスの提案と評価 -」, AIJ大会(東海) 2012

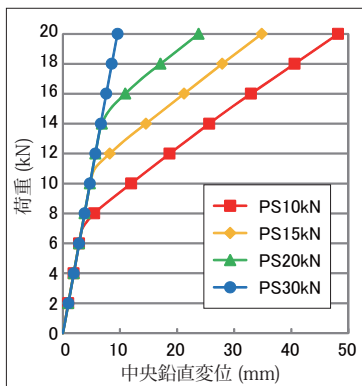


Fig.4 Relation between load and displacement

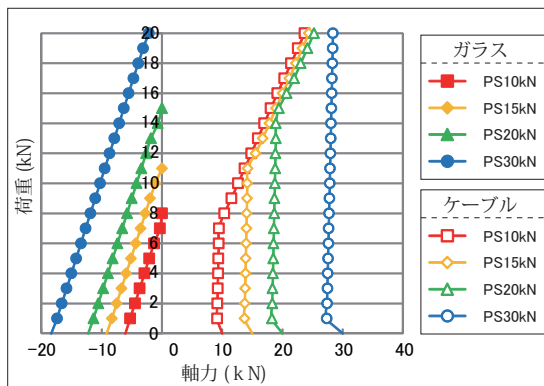


Fig.5 Relation between load and axial force

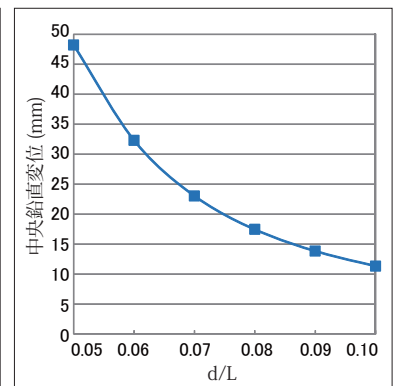


Fig.6 Relation between d/L and displacement

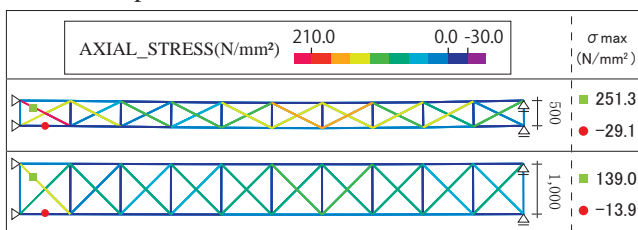


Fig.7 Stress diagram(PS10kN)

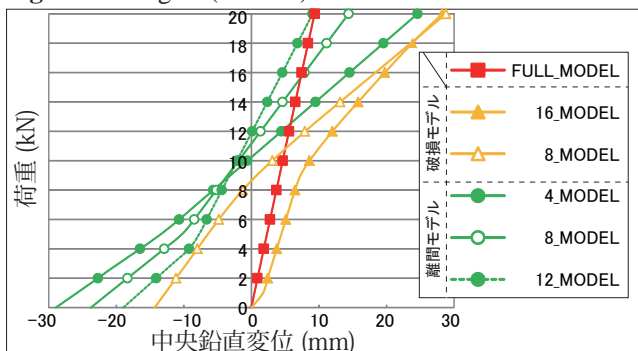


Fig.8 Relation between load and displacement

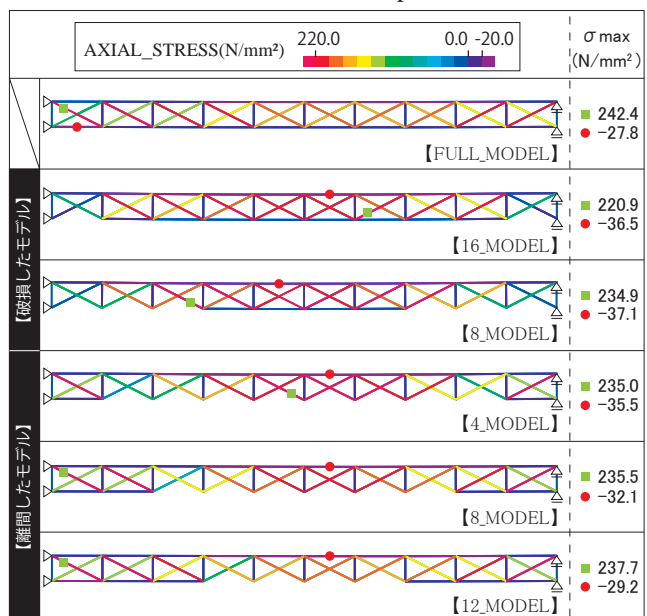


Fig.9 Stress diagram(PS30kN)