

B-15

ガラスの構造部材への適用に関する研究

-ガラスへのプレストレス導入による応力制御効果とその性状の把握-

Study on Applicability of Glass as Structural Member

- Grasp of the stress control effect by the prestress introduction to glass, and its quality -

○小澤恭平<sup>3</sup>, 岡田章<sup>1</sup>, 宮里直也<sup>1</sup>, 吉野誠一<sup>4</sup>, 小俣智司<sup>3</sup>, 斎藤公男<sup>2</sup>

\*Kyohei Ozawa<sup>3</sup>, Akira Okada<sup>1</sup>, Naoya Miyasato<sup>1</sup>, Seiichi Yoshino<sup>4</sup>, Tomoshi Omata<sup>3</sup>, Masao Saitoh<sup>2</sup>

Abstract: In recent years, the trend of the back to the source to plate of glass from tempered glass is strong. However, the performance which tempered glass has is effective when using glass as a structural member. So, this research aims at the realization of glazing structure with high safety which has compression stress in the initial condition, and tensile stress doesn't generate inside glass by introducing prestress into plate of glass mechanically.

1. はじめに

ガラスは、その化学組成から非常に高い圧縮強度を有する材料である (Fig. 1, Tab. 1). 特に強化ガラスは熱処理により表面に圧縮応力層が形成され、引張応力に対する抵抗性能が向上している (Tab. 1, Fig. 2). ところが同時に引張応力層も内在するため、微小な傷の進展時や熱による不純物の膨張等がこの層で発生した場合、自然破壊が生じる危険性を内包している. 近年では、この自然破壊が問題視され、強化ガラスからフロート板ガラスへの原点回帰の風潮が強くなっている. しかし、強化ガラスの有する性能はガラスを構造材として使用する際に有効である. そこで、本研究ではフロート板ガラスに機械的にプレストレス (以下「PS」) を導入することで、初期状態で圧縮応力を有し、かつガラス内部に引張応力が発生しない、安全性が高いガラス構造体の実現を目的とする.

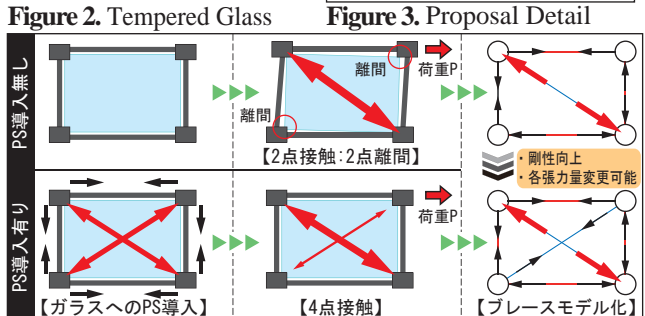
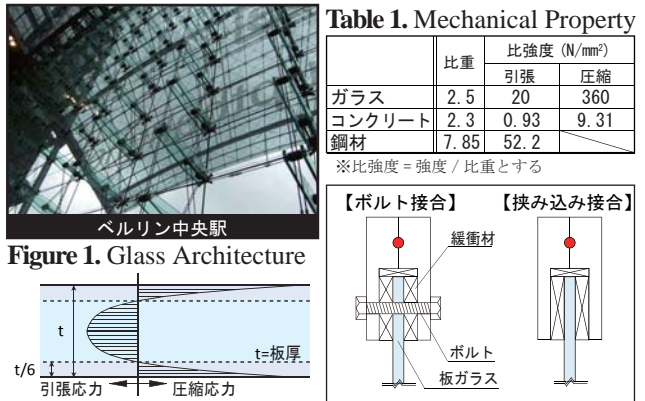


Figure 4. Mechanism of Structure System

2. 提案モデル概要

提案モデルは、ガラス4隅の挟み込み金物とそれらを繋ぐテンション材 (ロッド等) で構成される. テンション材を締め込むことでガラスに圧縮応力が導入される. なお、ガラスと挟み込み金物は、接触により圧縮力は伝達するが、引張力に対しては、ガラスと金物が離間し応力を伝達しない機構となっている (Fig. 3, 4).

3. ガラスパネルへのPS導入実験

提案した構造システムの応力制御効果と基本的力学特性の把握を目的として、1枚のガラスパネルを用いて実験を行った. また、同様のモデルで数値解析を行い、実験結果と比較を行うことで数値解析手法の妥当性について検討を行った.

3-1. 実験及び数値解析概要

実験及び解析概要をFig. 5に示す. パラメータをPS量 (各テンション材への初期張力導入量) とし、PS導入後

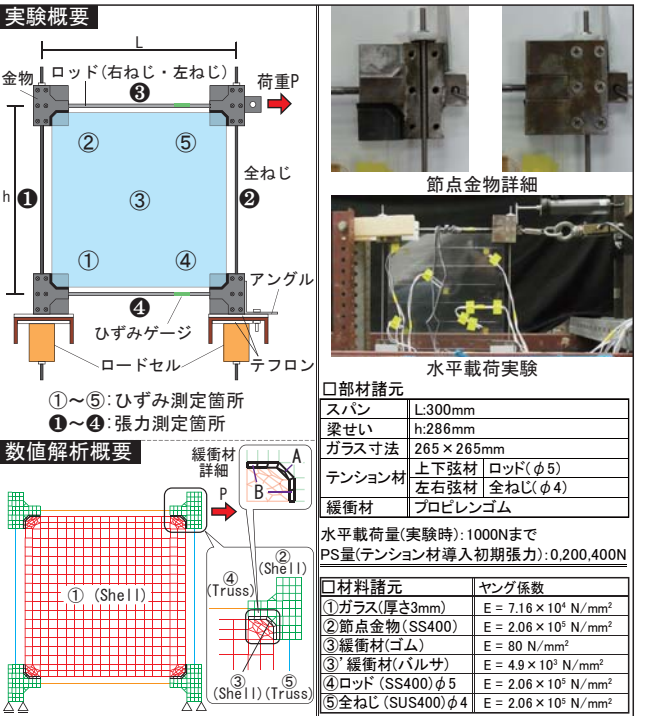


Figure 5. Outline of Experiment and Numerical Analysis

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 4 : 日大理工・院 (後) ・建築

に水平荷重を与え、抵抗メカニズムの把握を行った。また、数値解析ではガラスと金物の間に挿入される緩衝材のヤング係数の違いが及ぼす影響についての検討も合わせて行った。なお、数値解析は、幾何学的非線形性も考慮し、テンション材は非抗圧性を考慮した材料非線形で定義した。

### 3-2. PS導入実験

結果をFig. 6に示す。①から⑤のすべての測定点において圧縮応力が発生していることから、ガラスへのPS導入がされていたことを確認した。しかし、PS=200N, 400Nともに解析値と比較すると、ガラス中央部(測定点③)以外は実験値が小さい値となった。その原因として、金物からガラスへの応力の伝わり方に差違があったと考えられる。数値解析では、主応力方向の結果からFig. 5の緩衝材のAにあたる箇所が主に応力を伝えており、ガラス中央に向けた方向に応力が集中している。そのためエッジ方向にはほぼ応力が伝達されていない。それに対し実験では、Aに塑性変形が発生していたことから、剛性低下によりBにより多く応力が伝達されるようになったと推測される。そのため、エッジ方向にも応力がより伝達されるようになり、ガラス中央に向けて応力が集中しないため、数値が小さくなったと考えられる。

### 3-3. 水平载荷実験

実験と数値解析ともに、荷重の増加に伴いPSの減少が確認された(Fig. 7)。また、実験値が解析値より小さい値を示した原因としては、前述と同じく応力がガラス全体に分散されていることが考えられる。架構全体の剛性については実験・解析値ともに、PS導入により増加することが確認された(Fig. 8)。緩衝材がバルサとゴムと比較すると、数値解析値では約10倍の剛性の差がある。また、実験値と解析値を比較すると約1/6の値となっていた。これもゴムの塑性変形に伴う剛性低下が原因であると考えられる。そのため、本解析モデルでは緩衝材の剛性の評価がうまく再現できていない可能性がある。緩衝材ごとの最小主応力を比較すると、PS導入時及び荷重1000N時において、バルサとゴムはほぼ同様の数値を示していた(Fig. 9)。

### 3-4. 破損及び実験結果からの考察

水平载荷時(荷重1000N)において、圧縮力を受けるガラスの隅部で面内方向での剥離現象が生じた(Fig. 10)。剥離が生じた金物の緩衝材のゴムを確認したところ、ガラスの角部で摩耗し断裂が発生していた。

本構造ではPS導入やガラスに応力を負担させるため、緩衝材に多くの圧縮応力が加わることが想定される。そのため緩衝材の選択は、ガラスとの接触到に耐えるだけでなく、ガラスへの応力集中の緩和、架構全体の許容変形量等を考慮して検討する必要があると考えられる。

### 4. まとめと今後の検討

本報では、PS導入した1枚のガラスパネルに対して、その効果と性状について述べた。今後は得られた知見を踏まえて緩衝材の選択と金物の設計を行い、1パネルを複数連結させた梁型モデルについて、実験及び数値解析を通して検討を行う予定である。

#### 【参考文献】

岡田, 宮里, 斎藤, 野本 「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」, AIJ大会(東海)2012

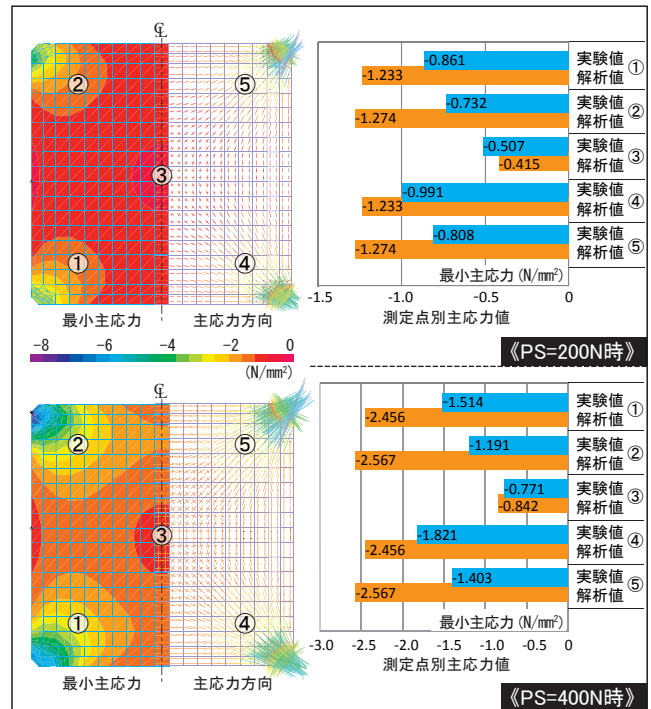


Figure 6. Comparison of the Glass Stress between an Experiment and Analysis

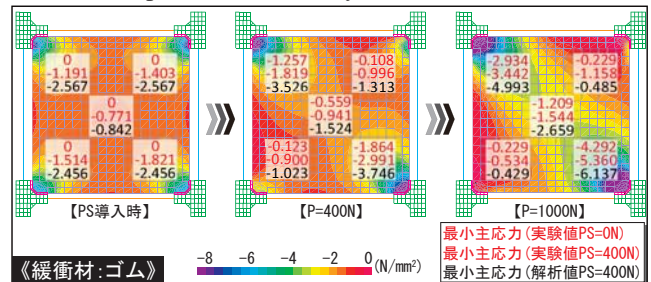


Figure 7. Stress Distribution under Loading

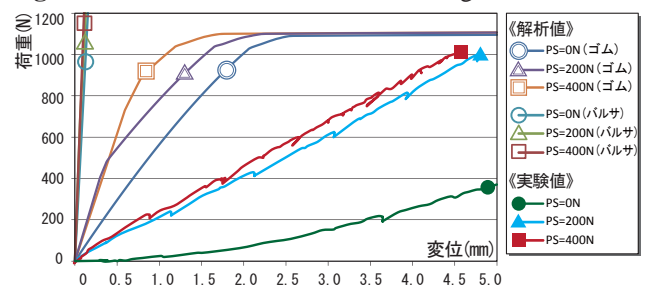


Figure 8. Load-Displacement Relations

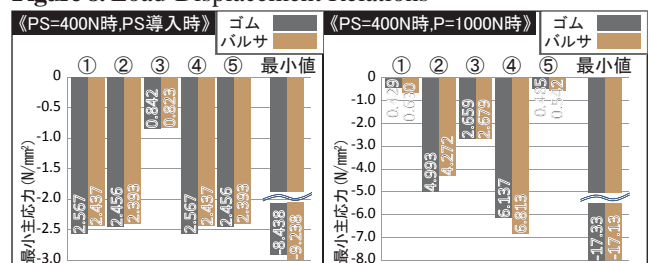


Figure 9. Stress State by Shock Absorbing Material



Figure 10. Breakage and its Cause