

四辺単純支持された建築用板ガラスの耐風圧強度に関する基礎的研究 (その2) 破壊性状と起点の応力の把握

Basic Study on Wind Pressure Resistance of Architectural Glass with Simply Support All Edges (Part2) Understanding of Breaking Properties and Stress of Breaking Point

○秋庭崇人³, 岡田章¹, 宮里直也¹, 廣石秀造², 吉野誠一⁴, 富澤彩菜³
*Takato Akiba³, Akira Okada¹, Naoya Miyasato¹, Shuzo Hiroishi², Seiichi Yoshino⁴, Ayana Tomisawa³

Abstract : Wind pressure loading tests were performed to understand breaking load under wind load using annealed glass. Furthermore, safety of the allowable stress of glass is examined with Weibull distribution. In this paper, relationship of breaking load and breaking properties is analyzed. In addition, the principal stress at the breaking point obtained from each test piece were grasped using numerical analysis.

1. はじめに

(その2)では、(その1)で示した耐風圧試験の結果に基づき、破壊荷重と破壊モード（破壊起点）について分析を行い、その関係性について考察を行う。また、破壊起点については数値解析により破壊時の応力を求め、破壊モードと応力の関係を考察する。

2. 破壊起点位置及び破壊荷重

既報^[1]を基に、(その1)で得られた実験結果より破壊起点位置及び破壊荷重をFig. 1に示す。t=3mmと同様に、アスペクト比に関わらず、破壊荷重が大きい場合、破壊起点は板ガラスの外周部分に分布し、破壊荷重が小さい場合は中央部に分布する傾向が得られた。

3. 破壊起点の応力の把握

3-1. 数値解析モデル概要

破壊起点の応力把握を目的とし、数値解析を行った。解析概要をFig. 2に示す。なお、アスペクト比1:1.5, 1:2についても同様とする。荷重は、実験時にガラスが破壊した時の荷重をガラスの面外方向に与えた。解析モデルは、ガラスをShell要素とし、支持条件は隅の1点のみをピン支持、4辺をローラーとした。また、すべての辺に実験より得られたモーメント-回転角関係より算出した回転バネ(K=3.6kN・mm/rad/mm)を設定した。

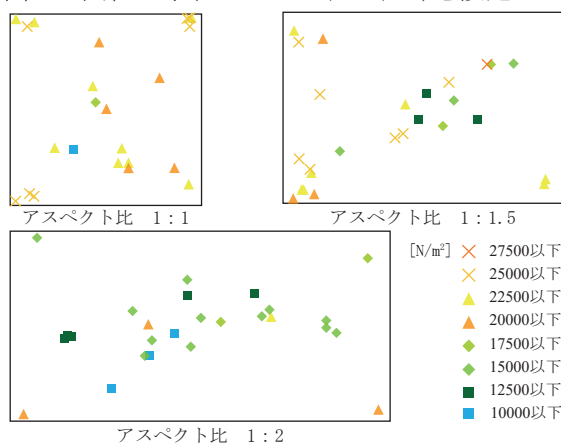


Fig.1 Breaking Point and Breaking Load

3-2. 実験結果と数値解析結果の比較(鉛直変位)

数値解析モデルの妥当性を確認するため、実験と数値解析で得られた鉛直変位を比較した。一例として、t=3mm, アスペクト比1:1のコンター図をFig. 3に示す。なお、実験値・解析値ともに10kN/m²载荷時の値を示す。鉛直変位を比較すると、どちらも中央で最大となり、実験値は7.1mm, 解析値は7.2mmと概ね一致した。その他のケースについてTable1に示す。全てのケースにおいて数値解析結果は実験結果と概ね一致しており、本解析モデルの妥当性が確認された。

3-3. 破壊起点の位置及び応力の分析

実験で得られた破壊起点位置と破壊荷重を用いて、全試験体の破壊荷重時の破壊起点の応力を数値解析より求めた。破壊起点の応力は、モデルを10×10(mm)の要素に分割し、要素ごとの応力を算出することにより求めた。破壊起点位置と応力をFig. 4に示すなお、

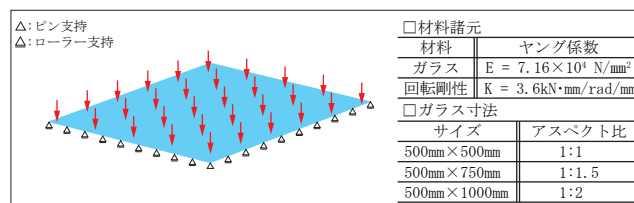


Fig.2 Outline of Analysis Model

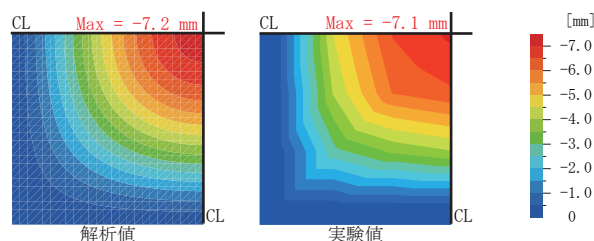


Fig.3 Vertical Displacement

Table1 Vertical Displacement of Center Point

アスペクト比	t=3mm		t=4mm	
	解析値	実験値	解析値	実験値
1:1	7.2	7.1	3.9	5.0
1:1.5	12.5	11.7	6.8	7.4
1:2	14.8	14.6	8.3	8.8

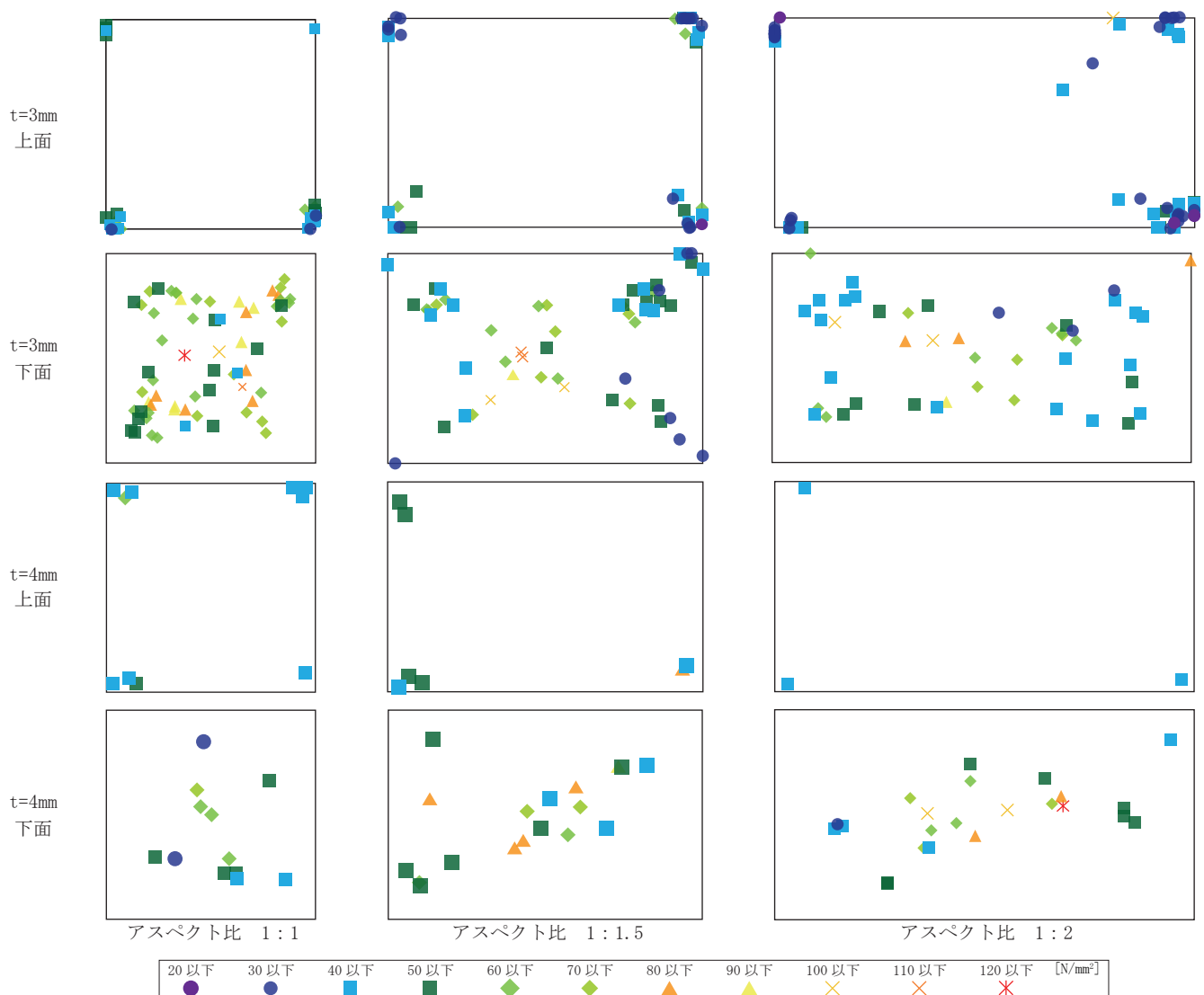


Fig.4 Breaking Point and Stress of Breaking Point

板ガラスは引張応力により破壊するため、数値解析結果の上下面を比較して引張応力が大きい面の破壊するものと仮定した。Fig. 4より、破壊起点は上面では4隅に、下面では中央部に分布する傾向が確認された。これはFig. 5に示す平板のモーメント図と一致することが確認された。また、破壊起点の応力に着目すると、4隅では応力は小さく、中央部では大きな値を示すことが把握された。中央部の応力が大きくなる要因としては、Fig. 5からも分かるように中央部の大きなモーメントにより、下面の引張応力が大きくなるためと考えられる。また、4隅と比較して応力にばらつきがある要因としては、面内に存在する傷の向きや大きさの違いにより破壊に至る応力が一定ではないためと考えられる。Table. 2に示すように、エッジは板ガラスの製作上面内より許容応力が小さい。これはガラスの加工時に生じる傷の影響を考慮して設定されており、加工による傷が大きいと4隅から破壊すると考えられる。4隅の破壊起点の応力は 40N/mm^2 以下のものが多く、エッジの平均破壊応力程度であることが確認

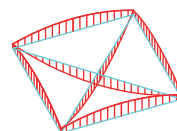


Fig.5 Moment Diagram of Plate

Table2 Allowable Unit Stress^[2] [N/mm²]

	平均 破壊応力	許容応力	
		短期	長期
面内	54.9	24.5	9.8
エッジ	35.3	17.7	6.9

された。また、実験において許容耐力以下となった $t=4\text{mm}$, $1:1$ の起点の応力は 21.5N/mm^2 となり、短期許容応力を下回っていることが確認された。

4. まとめ

本論では、板ガラスの耐風圧試験結果を用い、数値解析により破壊起点の応力の把握を試みた。今後は、試験体数を増やし、分布の精度を上げる予定である。

5. 参考文献

- [1] 村田雅也他：「四辺単純支持された建築用板ガラスの耐風圧強度に関する基礎的研究(その2)(その3)」日本建築学会大会学術講演梗概集，構造 I，pp. 1035-1038，2016. 8
 [2] 日本板硝子株式会社：ガラス建材総合カタログガラス技術資料編，p. 38，2004. 11