

## 集積型木質吊屋根構造における強風時の挙動に関する研究

(その1) 変動風外力の把握と静的風荷重の検討

Study on the Behavior of Integrated-Type Hanging Roof Made of Timber under Strong Winds

(Part 1) Grasp of the Fluctuating Wind Force and Study of the Static Wind Load

○小笠原康介<sup>3</sup>, 岡田章<sup>1</sup>, 宮里直也<sup>1</sup>, 廣石秀造<sup>1</sup>, 柳瀬仁志<sup>3</sup>, 斎藤公男<sup>2</sup>

\*Kosuke Ogasawara<sup>3</sup>, Akira Okada<sup>1</sup>, Naoya Miyasato<sup>1</sup>, Shuzo Hiroishi<sup>1</sup>, Hitoshi Yanase<sup>3</sup>, Masao Saitoh<sup>2</sup>

Abstract: Integrated-type hanging roof made of timber is planned for the realization a lightweight roof by accumulated the small section wood using a cable. Because the self-weight of roof is very lightweight, unstable behavior of this structure under upward wind load is possibly occurred. In this paper, the authors focus on the behavior of this structure against the wind loads.

### 1. はじめに

本研究で対象とする集積型木質吊屋根構造は、離散した小断面木材をケーブルにより一体化させ、軽量の曲面屋根架構の実現を図ったものである (Fig. 1). 本構造の主な特徴として、以下の3点が挙げられる。

- ①比較的弾性係数の低い木質小断面部材を繊維直交方向に使用すること
- ②離散した部材を地組時の初期張力 (以下PS) 導入により一体化させること
- ③自重時や付加荷重時に部材間の局所的な離間を許容していること

既往の研究<sup>[1][2]</sup>では主に木材の繊維と直交方向の性質を把握し、導入初期張力と形状に関する報告を行い、基本的な力学性状とその適用性を明らかにした。しかし本構造は吊屋根部分の自重が非常に軽量であるため、暴風時には吹上荷重による不安定現象 (座屈) の発生が懸念される。そこで本研究では実験及び数値解析を通して風荷重に対する屋根架構の挙動を、PS導入量及び木材の応力状態と照らし合わせながら検討、評価を行う (Fig. 2). (その1)では風洞実験の結果と静的に風荷重が作用した際の挙動について報告する。

### 2. 風洞実験

#### 2-1. 風洞実験の概要

風洞実験は、全長17.3m、測定断面2.2×1.8mのエッフェル型境界層風洞装置を使用した。Fig.3に試験体概要を、Table.1に実験条件を示す。試験体は、矩形平面を有するサグ・スパン比0.06の一方向吊屋根モデルであ

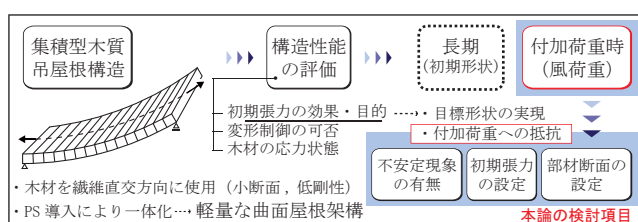


Fig.2 Outline of this Paper

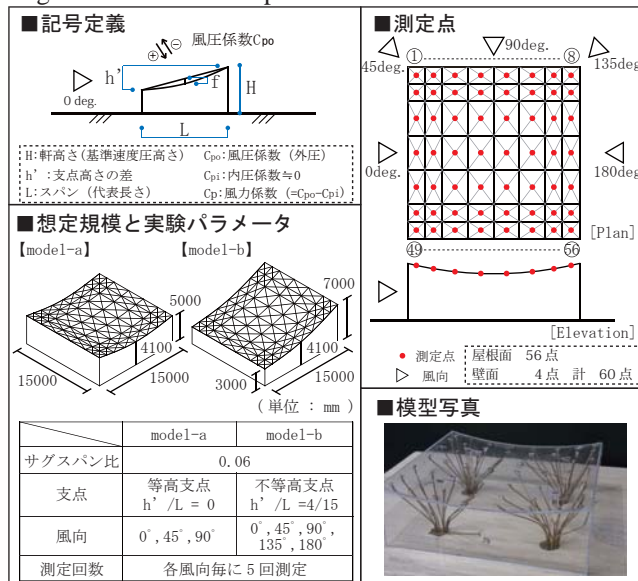


Fig.3 Outline of Wind Tunnel Test

Table.1 Condition of Wind Tunnel Test

模型スケール	1/100	気流	境界層乱流
下部構造	閉鎖型	地表面粗度区分	III (住宅地)
基準高さ	50mm	乱れ強さ	34%
実験風速	14.22m/s (高さ1m)	サンプリング周波数	500Hz
風速比	0.48 (模型高さ50mm)	サンプリング時間	約30秒

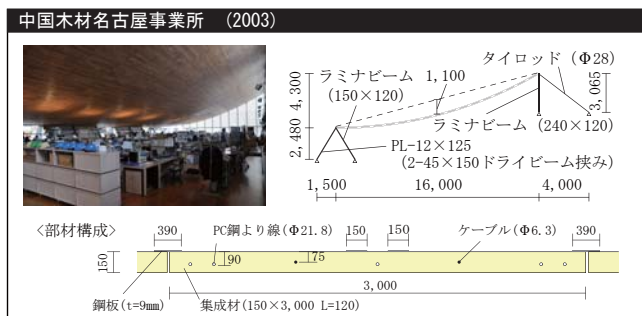


Fig.1 Example of Integrated-Type Hanging Roof Made of Timber

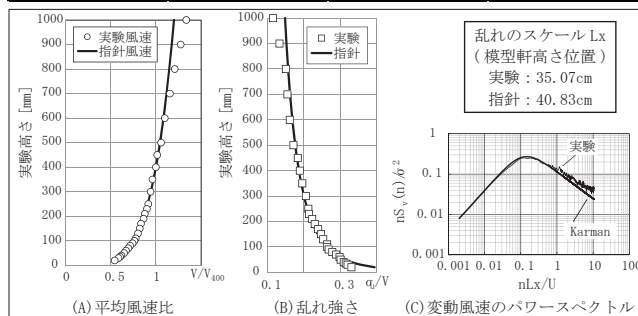


Fig.4 Inflow Velocity Profiles

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

る。模型高さは50mm(縮尺率=1/100)であり、下部構造は閉鎖型とした。測定点は、屋根面に56点、壁面に4点の計60点を設け、多点同時測定を行っている。また、本実験でのサンプリング周波数は500Hz、サンプル数は16384個(約32秒間)とした。実験気流は、地表面粗度区分Ⅲ相当の境界層乱流を用いており、模型の軒先高さ(Z=50mm)での風速はおよそ7m/s、乱れ強さはおよそ34%であった。なお、模型設置位置の鉛直線上において気流を測定し、目標とする実験気流と対応していることを検証した(Fig. 4)。

### 3-2. 実験結果

Fig. 5にmodel-a風向0度, model-b風向180度における平均風圧係数, 変動風圧係数, 最小ピーク風圧係数をそれぞれ示す。平均風圧係数は, model-a風向0度では風上側で大きな負圧の値(-0.5)を示し, 風下側では正圧に転じる。一方, model-b風向180度では屋根面はほぼ全面的に負圧である。変動風圧係数は両者とも風上側から風下側にかけて徐々に小さくなる傾向が確認された。また, 風上側の隅角部で風力係数が大きくなっている。これは風上側の屋根と壁の境界付近で渦が生じたことが要因として考えられ, その様子は最小ピーク風力係数分布にも共通して見て取れる。

屋根面に加わる風圧力の周波数成分を調べるためにmodel-a, b中央一列の周波数解析を行った(Fig. 6)。縦軸には振動数と標準偏差で無次元化されたパワースペクトルを, 横軸には無次元化振動数を示す。パ

ワースペクトルは変動風圧の時系列データを1024個ずつ順次FFT解析し, 16回のアンサンブル平均として求めた。model-aでは屋根中央, model-bでは風下側が低周波数域での変動エネルギーが大きい。これは風の剥離位置と一致しており, その影響が考えられる。また無次元化振動数0.1以下の範囲では, 両者ともピーク周波数が風下側>風上側であることが確認された。

### 4. 静的風荷重による検討

静的に風荷重が作用した時の応力状態を把握するために, 幾何学的非線形性を考慮した数値解析を行った。解析モデルは負担幅3mの平面モデルとし, 繊維直交方向の弾性係数を有する木材の離間を考慮しない一体の梁要素でモデル化した。なお, 風洞実験結果に基づき風力係数分布を2種類仮定し解析を行った。

風力係数分布(b)は負圧の風力係数分布が顕著であり, それに伴い風速25m/sを境に発生モーメントが過大になる性状が確認された。また, (a)では軸力が緩やかに変化しているのに対し, (b)では風速25m/sに近づくにつれ, 自重による軸力が低下している。ケーブル軸力が減少した場合, 本構造は木材の離間の増大や不安定現象の発現が考えられる。そのため, 不安定現象と張力の関係についてより詳細な検討が求められる。

### 5. まとめ・今後の検討

本論では, 集積型吊屋根構造の風圧係数の分布性状及び変動風外力を把握し, 静的風荷重による検討を行った。今後の検討及び参考文献は(その2)に示す。

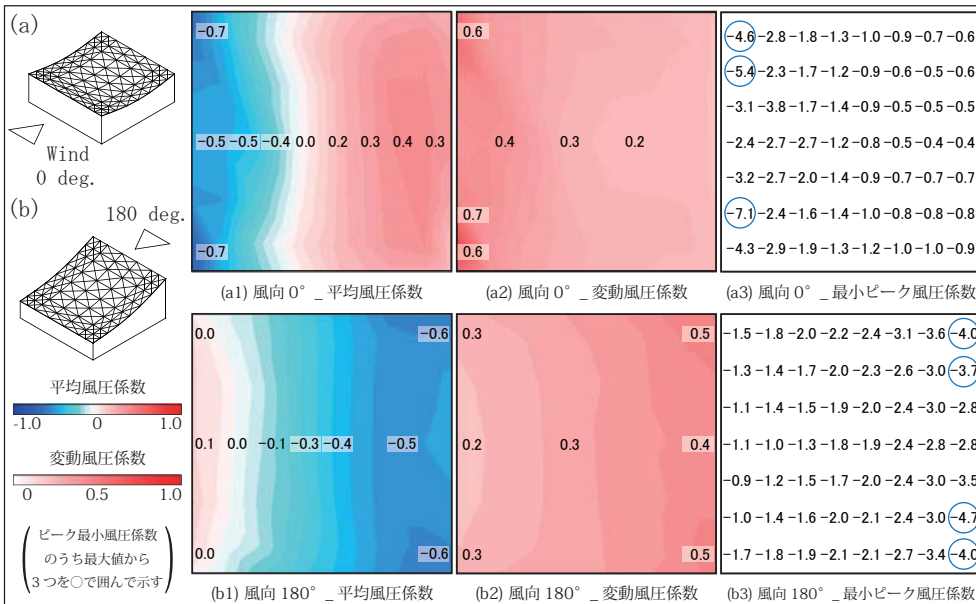


Fig.5 Wind Pressure Coefficient Obtained from Wind Tunnel Test

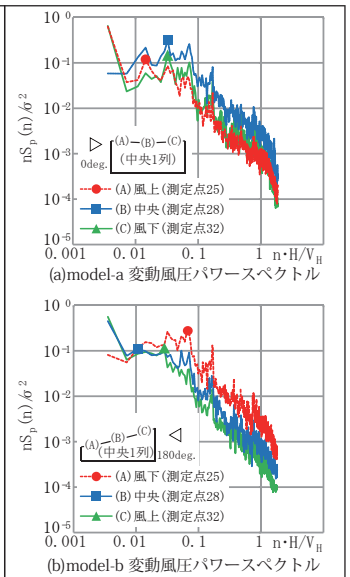


Fig.6 Power Spectrum of the Wind Pressure Coefficient

### ■ 解析概要

- 荷重条件 D.L.+L.L.
- 支持条件 両端ピン
- スパン 15m
- サグスパン比 0.06
- 杉材 E=2.9 tf/cm<sup>2</sup> (繊維方向の弾性係数の1/25の値を使用)
- 部材断面 300×15cm
- 負担幅 3m

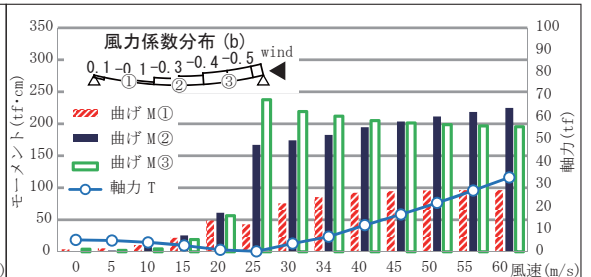
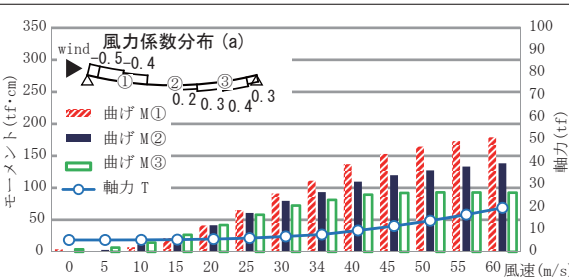


Fig.7 Stress Value at the Time of Wind Load