

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2) 吹上風荷重を想定した小規模静的載荷実験

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

(Part 2) Static Loading Tests using Small-Scale Model under Upward Wind Load

○柳瀬仁志<sup>3</sup>, 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>, 斎藤公男<sup>2</sup>

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

Abstract: In this paper, the authors will report the results obtained from the experiments using a small-scale model in order to clarify the behavior of integrated-type hanging roof made of timber under upward wind load.

1. はじめに

(その2)では風荷重(吹上)作用下の吊屋根形状の本構造の挙動を明らかにすることを目的として行った小規模静的載荷実験について報告する。

2. 模型を用いた小規模載荷実験の概要

吊部材に導入されている初期張力の変動を確認すると共に、荷重増加に伴う不安定座屈現象の発生の有無を把握することを目的として、風荷重(吹上)を想定した鉛直上向きに載荷する静的載荷実験を行った。

試験体には30mm角の杉材を繊維直交方向に使用し、φ3ケーブルにより一体化した小規模模型を用いている(Fig. 1). 試験体端部にはボルトの締込によりサグ量とPS量を変化させられる機構を設けており、サグ・スパン比は0.04, 0.06, 0.08の3種類を設定した。目標とするPS量は杉材の繊維直交方向の基準許容応力度<sup>[3]</sup>を参考にTable. 1に示す3種類を設定し、計9パターンの試験体を対象とした。また、スパンは全試験体ともに990mmとした。同一サグスパン比でのPS量の増減を実現するために、本実験では試験体端部に同質同断面の調整材(フィラー)を適宜使用している。境界条件は両端ピン支持とし、端部は偏心が生じないように、吊試験体とケーブルの部材芯及び支持点を一致させている(Fig. 2)。載荷は等分布荷重を想定したトーナメント式4点集中荷重とし、ロードセル、滑車を介してジャッキを引き込むことにより変位増分型の試験を行った(Fig. 3)。なお、本実験の手順はFig. 4に示す。なお、各パラメータ毎に3回ずつ試験を行っている。

3. 実験結果

3-1. 座屈の定義

本実験ではどの試験体においても分岐座屈現象が確認されており、以降、本論では各実験で得られた最大荷重を試験体毎の座屈荷重 $P_{cr}$ としてみなすこととする。また本論で使用する記号をFig. 5に示す。

3-2. 荷重-変位関係

Fig. 6に、本実験で得られた結果のうち、サグ・スパン比0.06の試験体の荷重-変位関係を示す。また、その実験時の試験体の変形モード図をFig. 7に示す。PS量の増減に関わらず、載荷直後のわずかな荷重増加により

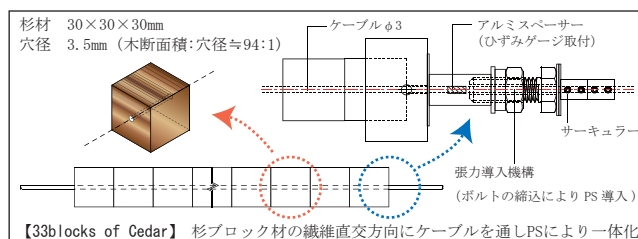


Fig.1 Outline of Model Specimen

Table.1 Parameters and Amount of Target Prestress

f/L	0.04	0.06	0.08
PS			
PS-1 (PS=7%)	$0.2\text{kgf/mm}^2 \times (30 \times 30\text{mm}) \times 0.07 = 13\text{kgf}$		
PS-2 (PS=15%)	$0.2\text{kgf/mm}^2 \times (30 \times 30\text{mm}) \times 0.15 = 27\text{kgf}$		
PS-3 (PS=25%)	$0.2\text{kgf/mm}^2 \times (30 \times 30\text{mm}) \times 0.25 = 45\text{kgf}$		

※ 日本建築学会「木質構造設計規準」“普通構造材の繊維に直角方向の特性値”より杉材の繊維直交方向の基準許容応力度(部分圧縮(めり込み)、(イ)材中間部)  $f=0.2\text{kgf/mm}^2$

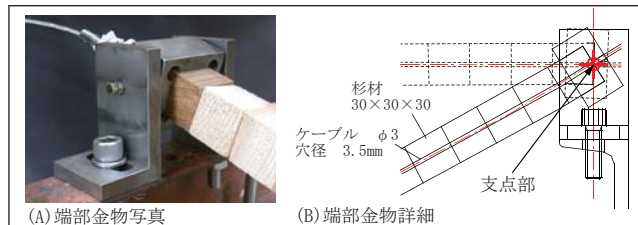


Fig.2 Detail of End Section

■ 実験治具及び測定点

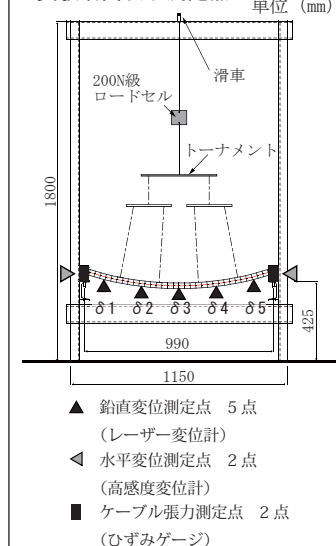


Fig.3 Outline of Experiment

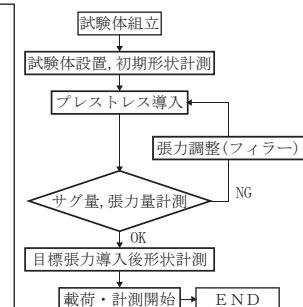


Fig.4 Flowchart of Experiment

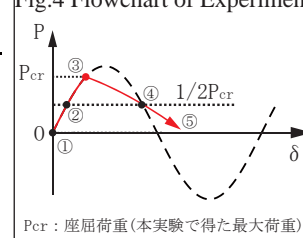


Fig.5 Definition of Buckling

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

分岐する現象が確認された。δ2とδ4のそれぞれの変位量が離れていく傾向を示し、座屈点近傍では試験体全体が逆対称に変形する2次の変形性状が確認された。このことから、本構造の変形性状はPS量の大小よりも、初期不整の影響を大きく受けると考えられる。また、本実験は座屈荷重後も載荷を続けており、最終的に上記座屈モードの凹部が急に反転するスナップスルーが観察された。試験体が反転した後は除荷しても初期形状に戻ることはなかった。

### 3-3. サグ・スパン比及びPS量による影響

Fig. 8にサグ・スパン比及びPS量をパラメータとした際の座屈荷重を示す。本構造はサグ・スパン比によらずPS量を増加させることで座屈荷重が増加することが確認された。しかし、サグ・スパン比0.06, 0.08の試験体ではPS-2とPS-3の座屈荷重に大きな差が見受けられなかった。これより、鉛直上向の荷重に対する適切なPS量の存在が示唆された。一方、サグ・スパン比による座屈荷重の変化は確認されなかった。

### 3-4. 荷重増加に伴う張力変動

本実験では全ての試験体において、荷重の増加に伴い張力が減少し、座屈荷重を超えた後に張力が回復する挙動が確認された。Fig. 9に導入初期張力、載荷中に記録した最小張力量と、最大張力量を示す。これより初期張力が0.5倍から0.8倍に減少することが確認された。

### 3-5. 単純曲げ梁の座屈荷重理論値との比較

本実験で得られた座屈荷重PcrとEular座屈荷重と

の比較を行った。等分布荷重Weが作用した際の曲げ梁に生ずる圧縮力を支点部のスラスト(=WeL<sup>2</sup>/8f)より求め、その値に相当する座屈荷重を求めた。なお、試験体の頂点と支点を結ぶ弧長の長さを座屈長さlkとしており、支点部の接線が水平線となす角をθとすると近似式は以下ようになる。

$$We = \frac{\pi^2 EI \times \cos\theta \times 8f}{l_k^2 \times L^2} \quad \dots (1)$$

杉材の繊維直交方向のヤング係数の値を使用し、同質同断面の曲げ梁として計算した際の値をTable. 2に、実験値と上記略算値との比をTable. 3に示す。全ての値が理論値を下回っており、その割合はおよそ20~40%程度であった。これは、初期不整以外に荷重増加に伴う、木材間に生じる離間の影響が考えられる。

### 5. まとめ・今後の検討

本論では小規模模型実験を通して集積型吊屋根構造の座屈性状を把握し、一定荷重を超えると不安定現象が起こること、初期張力が減少する挙動を把握した。今後の検討として、木材の応力状態を把握するための解析モデルの構築や、動的応答解析が挙げられる。

《謝辞》 風洞実験にご協力いただいた、日本大学生産工学部建築工学科 田研究室各位に感謝の意を表します。また、試験体製作にご協力頂きました栗原勝一郎氏(栗原製作所)に謝意を表します。

【参考文献】 [1] 岩淵, 斎藤, 岡田, 宮里, 梅澤『集積型木質吊屋根構造の構造特性に関する基礎的研究』, AIJ大会(北海道), 2004. 8. [2] 梅澤, 斎藤, 岡田, 樋口, 宮里, 長嶋『集積型木質吊屋根構造の構造特性に関する研究』, AIJ大会(近畿), 2005. 9. [3] 『木質構造設計規準・同解説—許容応力度・許容耐力設計法—』, (社)日本建築学会, 2006. 12 [4] 『建築物風洞実験ガイドブック』, (財)日本建築センター, 1994. 6 [5] 吉田, 播他『集成材と鋼板による半剛性吊屋根構造の開発』, AIJ大会(東海), 1994. 9

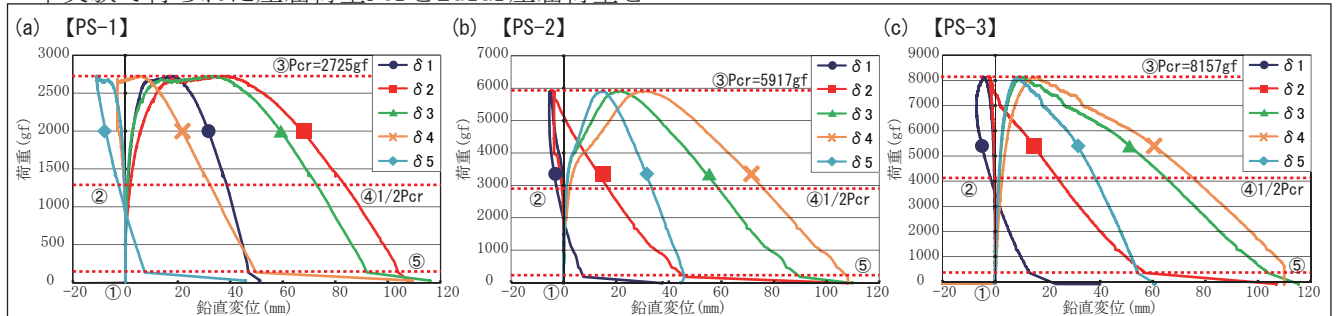


Fig.6 Load - Displacement Relation (f/L=0.06)

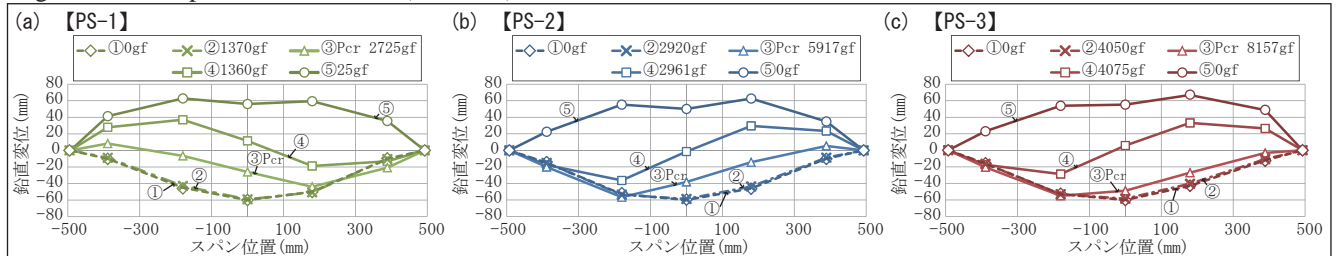


Fig.7 Change of Deformation (f/L=0.06)

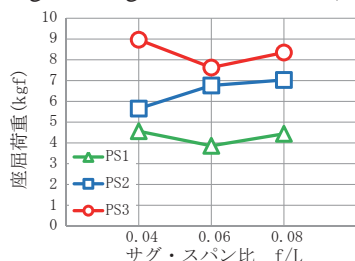


Fig.8 Buckling Load

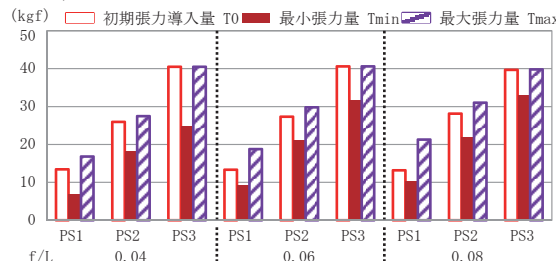


Fig.9 Change of Tensile Force

Table.2 Theoretical Values (kgf)

f/L	0.04	0.06	0.08
Pcr	23.7	34.7	44.6

杉材(30×30mm) 繊維直交方向 E=2800kgf/cm<sup>2</sup>  
座屈長さ: 試験体の半弧長

Table.3 The ratio of the Experimental and Theoretical Values

f/L	0.04	0.06	0.08
PS1	0.19	0.11	0.10
PS2	0.24	0.19	0.16
PS3	0.38	0.22	0.19