

B-1

独立したホルン型張力膜の境界層乱流中における風洞実験

- 風力係数の算出と静的応答解析 -

Wind Tunnel Test on Horn-Shaped Membrane Roof Under Boundary Layer Turbulence Flow

- Calculation of Wind-Force Coefficient and Static Response Analysis -

○松本良太³, 岡田章¹, 宮里直也¹, 永井佑季³, 松田歩弓³, 斎藤公男²

*Ryota Matsumoto³, Akira Okada¹, Naoya Miyasato¹, Yuki Nagai³, Ayu Matsuda³, Masao Saitoh²

Abstract: Wind load is the most dominant load for light-weight structures such as membrane roofs. Particularly since the horn-shaped membrane roof has a complicated shape, the basic date for the design wind load on the horn-shaped membrane roof has not been reported. In this paper, the authors focus on the wind-load on one-unit horn-shaped membrane roofs with rise-span ratio of 0.1,0.2 and 0.3, and report wind tunnel tests for it.

1. はじめに

本論で対象とするホルン型張力膜は、二方向曲率をもつ複雑な形状のため、建築基準法や建築物荷重指針に風力係数が示されていない。そのため、著者らはこれまで本構造物に対し、多くの風洞実験および応答解析を行い、その結果を報告してきた¹⁻²⁾。一般的に耐風設計に用いられる風力係数は、建築物風洞実験ガイドブック³⁾に示されるように、一つの構造物に対して一つの風力係数のみ算出される。しかし、ホルン型張力膜の形状と膜面の持つ曲率等を考慮すると、本手法の対象構造物への適用性は不明確である。そこで本論では、従来の手法による風力係数の算出の本構造物への適用性を確認するため、参考文献³⁾で示される風力係数の算出手法による算定を試みた。さらに、本論で得られた風力係数結果を用いた静的応答解析により膜応力分布を算出し、風洞実験で直接得られた風圧力を膜面に載荷した場合の応力分布との比較を行うことで、算定した風力係数の適用性を検証する。

2. 風洞実験

2-1. 実験概要

実験概要をFig. 1に、実験条件をTable. 1に示す。測定点は上下に25点ずつつけ、上下面の全点同時測定を行った。地面から屋根外周部までの高さを軒高35mmとして、基準速度圧を算出した。実験気流は、建築物荷重指針³⁾における地表面粗度区分Ⅲ相当の乱流境界層流を再現した。フルスケール換算した場合、評価時間は約11分である。

2-2. 実験結果

本実験より得られた平均風圧係数分布をFig. 2に示す。風向の変化に伴い、分布性状も変化することが確認された。さらにライズ・スパン比が増加すると共に風上側の正圧値及び頂点部の負圧値が増大することも確認された。

3. 風力係数の算出

Fig. 3に示す式及び定義から風力係数 C_f を算出した。また、実験模型に作用する風圧力を各成分に分解することで F_x, Y, Z を算出した。さらに、ホルン型張力膜の風圧係数

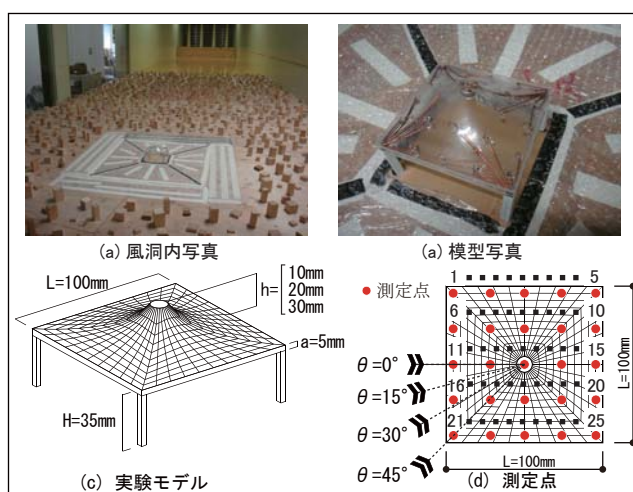


Figure 1. Outline of Wind Tunnel Tests

Table 1. Condition of Wind Tunnel Tests

気流	乱流境界層流	サンプリング周波数・時間	500Hz・30sec
想定気流	地表面粗度区分Ⅲ	ライズ・スパン比(h/L)	0.1, 0.2, 0.3
風向θ	0度, 15度, 30度, 45度	模型サイズ	100mm×100mm

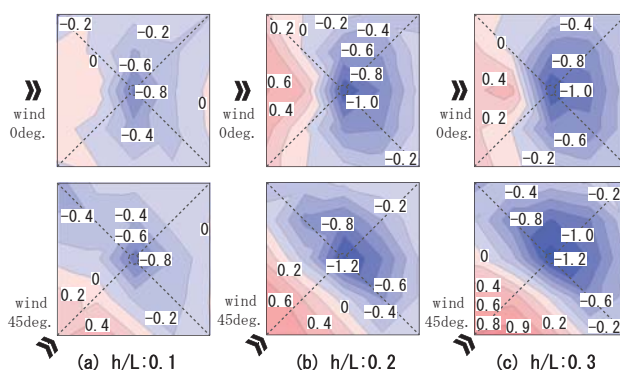


Figure 2. Distribution of Average Wind Pressure Coefficient

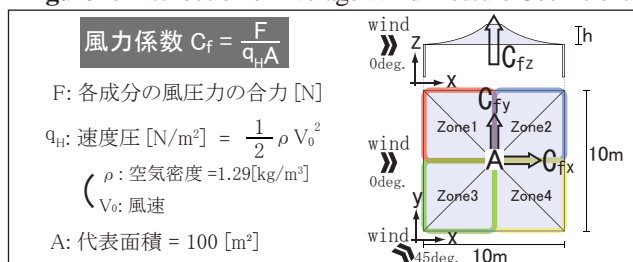


Figure 3. the Wind Factor and Dfine Wind

分布は風上側と風下側で大きく異なるため、4つのエリアに分割し、風力係数を算出した。算出した風力係数のうち、Zone2と3のZ方向の風力係数 C_{fz} をFig. 4に示す。Zone2では風向による変化は確認できないが、Zone3では風向が大きくなるに従って、風力係数は減少し、風向30度以降はすべてのライズ・スパン比で負の値を示すことが確認された。

4. 数値解析

風洞実験より得られた風圧係数と、前章で算出した風力係数を外力として、それぞれ静的応答解析を行い、その結果について比較を行う。

4-1. 静的応答解析概要

解析概要をFig. 5に示す。本解析モデルは、膜面及び膜面中央の膜突き上げ用ストラット及び柱、梁から構成される。荷重は2パターン設定し、実験より算出した風力係数をZone1~4の各膜面にそれぞれ等分布に载荷する方法(以下、CaseA)と、実験より得られた風圧係数の値を負担面積ごとに等分布で载荷する方法(以下、CaseB)とした。それぞれの荷重に対して静的応答解析を行い、膜応力を比較する。

4-2. 数値解析結果

解析結果をFig. 6に示す。CaseA・B共に同様の応力分布を示したが、CaseAではCaseBより膜応力が全体的に低くなることを確認できた。これは、風力係数を4つのエリアに分け算出したが、頂点部などの局所的な荷重を平均して算出したことが原因である。またCaseA・B間の膜応力は、ライズ・スパン比が大きくなるほど差異が生じることも把握された。これより、前章で算出した風力係数を用いることは、妥当とは言えず、さらに膜面のエリアを分割する等の検討が必要であると考えられる。

5. まとめ

本論では、ホルン型張力膜構造に着目し、風洞実験から得た境界層乱流中での風圧力特性と、ホルン型張力膜の形状を考慮し、4つのエリアの風力係数を示した。さらに、静的応答解析より算出した風力係数の妥当性を検証した。これらの検討より風力係数を用いた設計法を示したが、妥当性は得られなかった。これよりホルン型張力膜ではさらに細かく風力係数を設定する必要があり、従来の風力係数算出手法による設計はホルン型張力膜において妥当ではないと考えられる。

謝辞

本研究は科学研究費補助金（特別研究員奨励費，課題番号：22・7895）により実施した。また、風洞実験にご尽力頂いた、日本大学生産工学部建築工学科神田研究室の各位に感謝の意を表す。

【参考文献】

- [1]永井佑季, 岡田章, 宮里直也, 斎藤公男: 開放型ホルン形状張力膜構造の一樣乱流中における風力係数分布, 日本建築学会技術報告集, Vol.17, No.36, pp.499-504, 2011.6
- [2]永井佑季, 岡田章, 神田亮, 宮里直也, 櫻紀佳, 小澤恭平, 松本良太, 斎藤公男: 乱流境界層乱流中におけるホルン型張力膜構造の風洞実験および応答解析(その1~4), 日本建築学会学術講演梗概集(関東), B-1, pp.801-808, 2011.8.
- [3]建築物荷重指針・同解説(2004), (社)日本建築学会, 2004.9
- [4]大熊武司, 他共著: 実務者のための建築物風洞実験ガイドブック2008年版, (財)日本建築センター, 2008.10

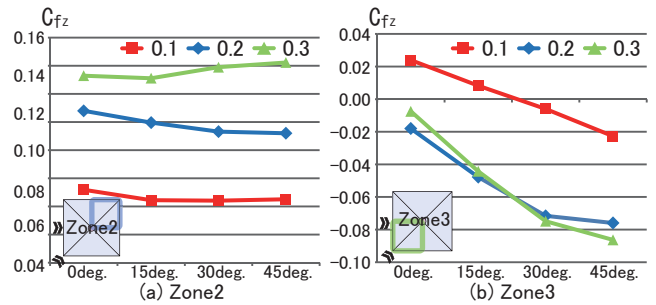


Figure 4. Comparison of Wind-Force Coefficient

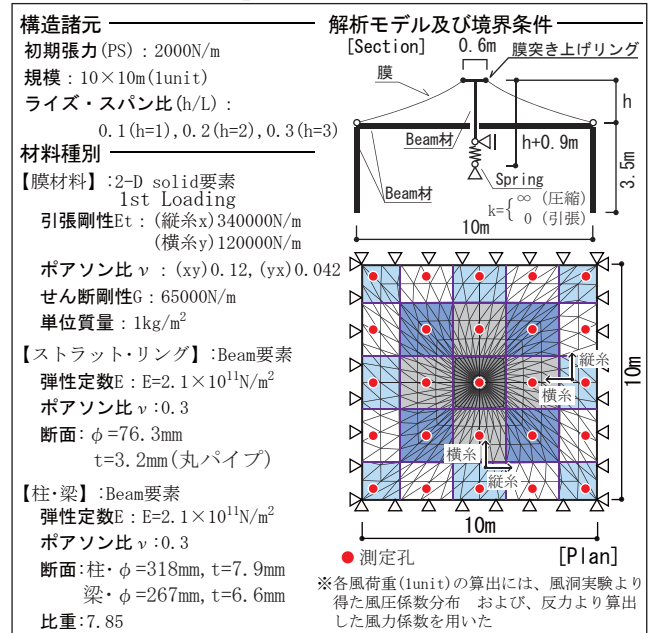


Figure 5. Outline of Analysis Models

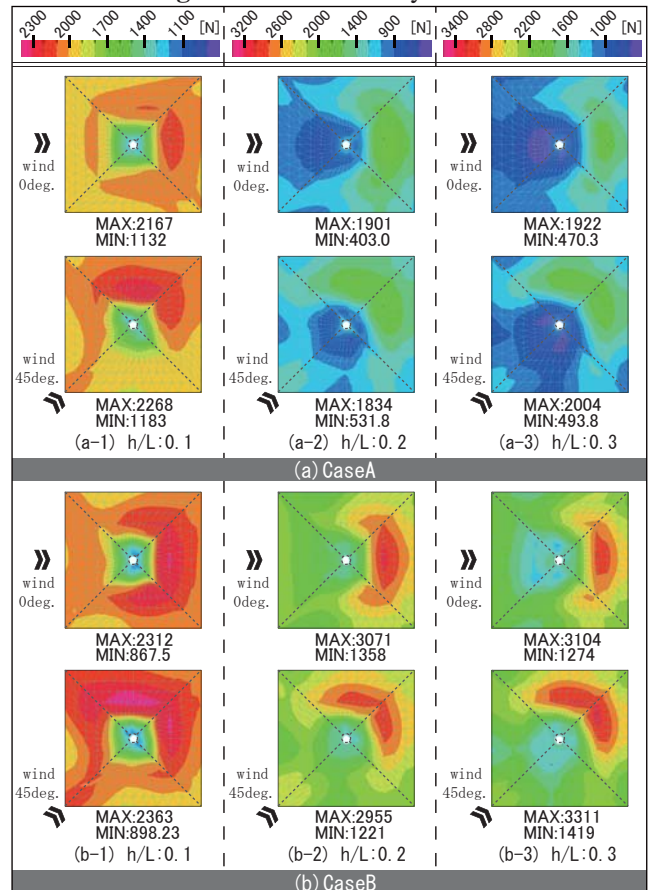


Figure 6. Distribution of Membrane Stress (unit:N/m)