

HP曲面張力膜構造の風応答性状に関する研究 (その1) 風圧力特性の把握

Study on Wind Response on HP-Shaped Membrane Roof (Part1) Characteristics of Wind Pressure Coefficient on HP-Shaped

○ 総谷友昭⁵, 岡田章¹, 神田亮², 宮里直也¹, 吉野誠一⁴, 松本良太⁵, 斎藤公男³

*Tomoaki Kaseya⁵, Akira Okada¹, Kanda Makoto², Naoya Miyasato¹, Seiichi Yoshino⁶, Ryota Matsumoto⁵, Masao Saitoh³

Abstract: Wind load is the most dominant load for light-weight structures such as membrane roofs. Particularly since the HP-shaped membrane roof has a complicated shape, the basic date for the design wind load on the HP-shaped membrane roof has not been reported. In this paper, the authors focus on the wind-load on HP-shaped membrane roofs with sag-span ratio of 0.05, 0.10 and 0.15, and report wind tunnel tests for it.

1. はじめに

HP曲面張力膜構造(以下、「HP張力膜」と称す)は、複雑な曲面を有する構造物であり、Fig. 1に示すような実施例が存在する。膜構造は、一般に軽量であるがゆえに風荷重が支配荷重となるため、耐風設計が最も重要な設計課題とされている。また、HP形状などの曲面を有する構造物ではレイノルズ数の変化によって剥離点の位置が異なり、作用する風圧分布性状が異なると考えられ、風洞実験において実スケール現象を再現することは困難である。一方、膜構造は膜面全体で変形を伴いながら応力を伝達する軸力抵抗が特徴であり、この点を考慮したレイノルズ数の変化が膜応力に与える影響について考察した研究は、著者らの知る限り報告されていない。

以上の諸点より、本研究では、張力膜構造において基本的な曲面形状であり、等張力を目標形状として設定できるHP張力膜を対象として、レイノルズ数の変化が膜応力に及ぼす影響を検討することを目的とする。(その1)では表面に粗度をつけレイノルズ数不一致の緩和を行った模型¹⁾を使用した風洞実験を実施し、その結果を報告する。(その2)では(その1)より得られた風圧力特性を用いて静的および動的応答解析を行い、レイノルズ数の変化が膜応力に及ぼす影響を検討する。

2. 本論文に使用する記号

本論で扱う記号の定義をFig. 2に示す。風力係数、上面風圧係数、下面風圧係数をそれぞれ C_p , C_{pi} , C_{po} と表す。風圧係数は測定した風圧力を軒高さで得た平均速度圧で除した値とし、その符号は、模型面を押し出す方向を正として、引く方向を負とする。

3. 風洞実験

3-1. 実験概要

風洞実験装置内観、模型写真および試験体概要をFig. 3に、実験条件をTab. 1に示す。本論で使用する形状は、矩形平面を有するサグ・スパン比0.05, 0.10, 0.15の3種類のHP張力膜とし、四隅を柱で支持するモデルである。模型はアクリル製の剛模型で、模型の表面には、外径1mm, 内径0.6mmの銅製パイプを用いて、上下面に25点

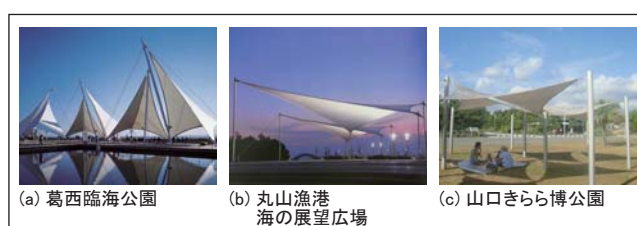


Figure1. Typical HP-Shaped Membrane Roof

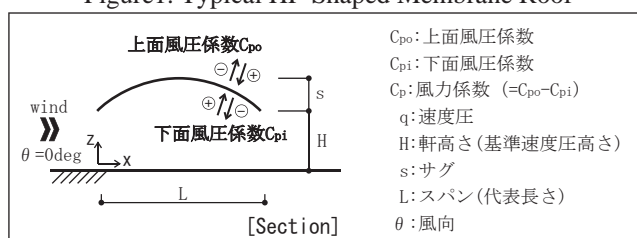


Figure2. Definition of Coefficient (Positive and Negative)

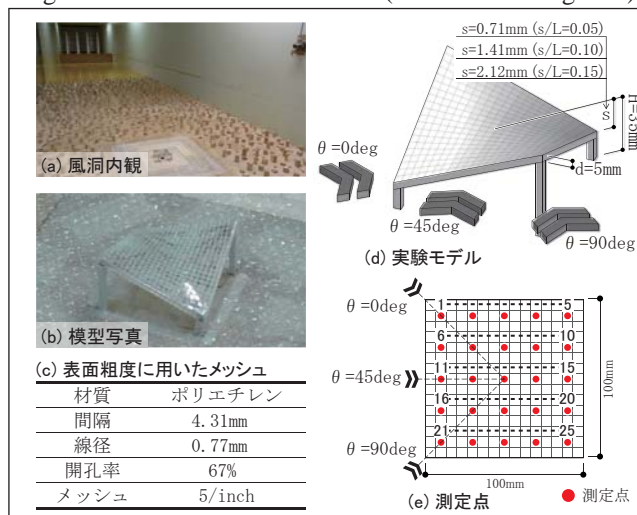


Figure3. Outline of Wind Tunnel Test

Table1. Condition of Wind Tunnel Test

気流	境界層乱流
想定気流	地表面粗度区分Ⅲ
風向 θ	0度, 45度, 90度
表面粗度	なし(Smooth), あり(Rough)
サンプリング周波数・時間	500Hz・約30sec
サグ・スパン比(s/L)	0.05, 0.10, 0.15
模型サイズ(模型スケール)	100mm×100mm (1/100)
気流スケール, 時間スケール	6/27, 9/200

1: 日大理工・教員・建築 2: 日大生産工・教員・建築工 3: 日大名誉教授 4: 日大理工・院(後)・建築 5: 日大理工・院(前)・建築

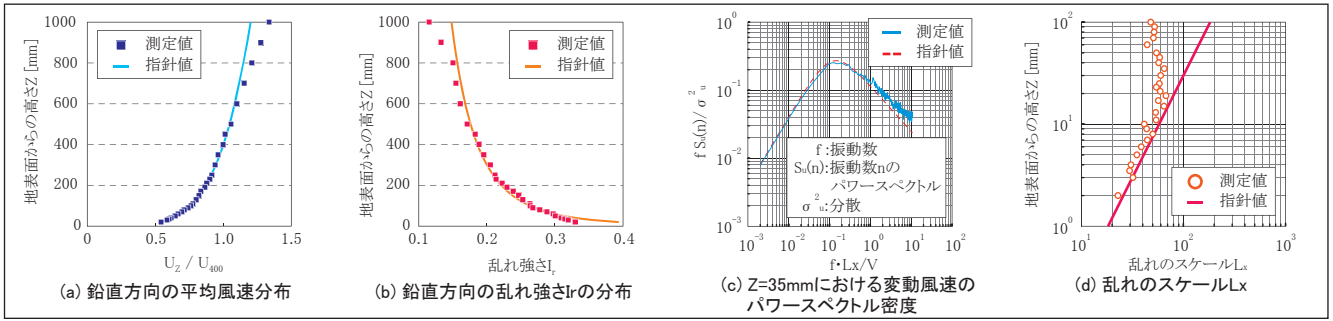


Figure5. Outline of Airflow

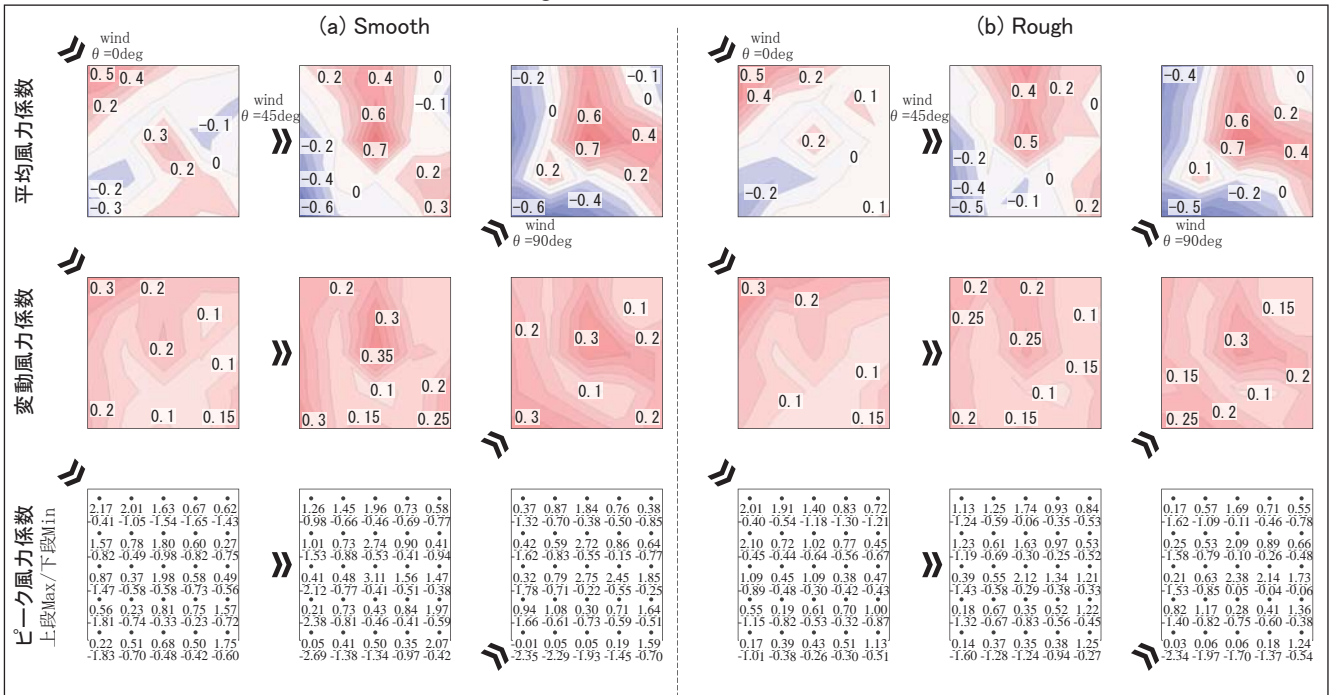


Figure6. Wind Pressure Coefficient Obtained from Wind Tunnel Test (s/L = 0.10)

ずつ測定孔を設けた。膜面の厚さは、約5mmである。なお、模型の縮尺率は1/100と設定した。表面粗度は既往の研究¹⁾を参考にして、Fig. 3に示すようなポリエチレン製メッシュを模型表面に貼りつけた。風向は0度から90度の範囲で45度間隔で測定した。なお、0度はHP曲面のアーチ方向、90度は吊り方向と設定した。実験気流は、建築物荷重指針²⁾における地表面粗度区分Ⅲ相当の境界層乱流を用いた。Fig. 4に模型設置位置での測定気流を示す。基準速度圧は地面から膜面中央までの高さを軒高35mmとして算出した。本実験における模型の軒先高さ(Z=35mm)での風速はおよそ6m/s、乱れ強さはおよそ0.3である。基準風速をV₀=34m/sとすると、軒先付近での平均風速はV₀=27m/sとなり、本実験での風速の縮尺率は6/27であり、その場合の時間の縮尺率は9/200となる。計測は32秒間(フルスケール換算で約12分)と設定し、上下面の全点で同時計測を行った。

3-2. 実験結果および考察

計測は各モデル、各風向で計5回ずつ行い、アンサンブル平均処理を行った。Fig. 5に表面粗度あり(以下、「Rough」)、表面粗度なし(以下、「Smooth」)のそれぞれのモデルの風向0度、45度、90度における平均風力係数、変動風力係数、最大・最少のピーク風力係数を示す。ここ

で、変動風力係数は、風圧力の標準偏差を平均速度圧で除した値である。また、風向、表面粗度の変化は各サグ・スパン比に関わらず概ね一致したため、本論ではサグ・スパン比0.10のみの結果を報告する。

平均風力係数は風向によってその分布が大きく変化し、90度方向で正圧・負圧ともに大きな値を示した。また、表面粗度の有無による変化は見られなかった。変動風力係数は風向0度では風上側先端で、風向45度、90度では屋根中央部で大きな値を示し、Roughの方が変動が小さいことが把握された。また、ピーク風力係数に着目すると、Smoothと比べ、Roughの風下側の負のピーク風力係数が小さい値を示すことから、Roughの方が、より風上側で剥離が起こったと考えられる。

本実験では実スケール現象を正確に再現しているとは言いがたいが、見かけ上のレイノルズ数が大きくなったと考えられる。また、レイノルズ数の変化によって静的応答と動的応答の差異が推察でき、適切な応答の把握と評価が必要であると考えられる。

4. まとめと今後の検討

HP張力膜の風圧分布特性を把握し、レイノルズ数の変化が風圧力特性に及ぼす影響を検討した。今後の検討、及び参考文献は(その2)に示す。