

B-3

連結したホルン型張力膜構造の風応答性状に関する研究

(その2) 静的・及び動的応答結果とその比較

Study on Wind Response on Multi-Bay Horn-Shaped Membrane Structure

(Part 2) Comparison of Structural Behavior under Wind between Static Analysis and Dynamic Analysis

○松田歩弓⁴, 永井佑季³, 岡田章¹, 宮里直也¹, 斎藤公男²

*Ayu Matsuda⁴, Yuki Nagai³, Akira Okada¹, Naoya Miyasato¹, Masao Saitoh²

Abstract: In this paper, the authors make a comparison between static response analyses and dynamic analyses using the results of wind tunnel test to indicate the gust factor based on the stress of the membrane.

1. はじめに

通常膜構造の設計においては、構造骨組用風荷重及び外装材用風荷重の両方の設計用風荷重により設計が行われている。しかし、膜構造は連続体であり、変形を伴いながら応力を伝える柔軟な構造物のため、現状の法規に示された風荷重の妥当性は明らかにされていない。このことを踏まえ、本論では、(その1)で得られた風圧係数を用いて、静的及び動的応答解析を行い、その応答性状について比較・検討を行い、膜構造の耐風設計用の基本的知見を得ることを目的とする。

2. 解析概要

Fig.1に解析概要を示す。対象とする形状は10m×10mの矩形平面を有するライズ・スパン比0.2のホルン型張力膜を1ユニットとして、3×3ユニットに連結した構成とした。応答解析に先立ち、形状解析により釣り合い形状を算出した。解析モデルは、膜面、膜面突き上げ用ストラット及びリングから構成される。また、膜面の風の吹上による膜面のストラットからの遊離現象を模擬するため、ストラット下端には圧縮にのみ抵抗するバネ要素を定義した。解析モデルは、外周部の

みを境界梁を模擬し全辺ピン支持とした4点支持モデル(以下「4点支持」と称す)と、外周部及びユニット間に曲げ剛性が無限大の梁を設けた4辺支持モデル(同「4辺支持」)を対象とした。

荷重は、(その1)で報告した風洞実験から得られた風圧係数を用いて基準速度圧と負担面積を乗じて算定した。基準速度圧の算定には、軒高での基準風速28m/sを用いた。静的応答解析では平均風圧係数、動的応答解析には時刻歴の風圧係数を用いた。なお、本論では風向0度の風圧係数のみを対象とした。また動的応答解析の減衰は、Rayleigh減衰とし、減衰定数は既往の研究⁴⁾を参考に1次、2次モード共に2%と設定した。なお、本モデルの固有振動数は固有値解析により算出し、1次固有振動数は「4点支持」はPS1000N/mで5.1Hz、PS4000N/mで6.1Hz。「4辺支持」はPS1000N/mで6.2Hz、4000N/mで8.9Hzである。

3. 静的応答解析結果

Fig.2に静的解析結果を示す。1000N/m、PS4000N/m共に膜応力の最大値は「4点支持」の方が大きな値となった。全体的に風下側の応力が風上よりもやや大き

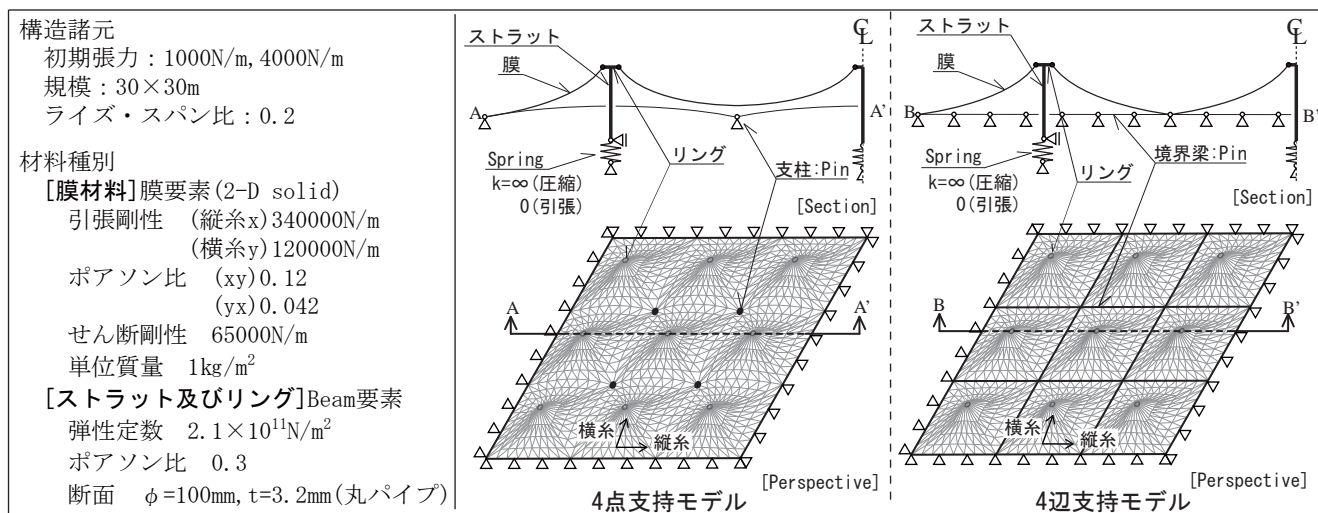


Figure1. Outline of Analysis

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

な値となっている。また「4点支持」では、点支持の境界部付近に局所的に大きな値が生じる箇所が見られた。

4. 動的応答解析結果

Fig.3に中央ユニット風下側付近(図中A点)の測定時間300~330秒における時刻歴膜応答結果を示す。どちらのモデルにおいても、PS1000N/mの方が変動が大きい。これは初期張力の増加に伴い、膜の幾何剛性が大きくなり、膜面の変形、応力共に変動が小さくなったことが原因と考えられる。

4. 静的応答結果と動的応答結果の比較

通常膜の設計では、風圧力の平均成分に建築基準法で定められたガスト影響係数 G_f を乗じた荷重に対する静的応答解析結果より膜応力を算定し、その最大値から設計が行われる。このことより、本論では膜面全体を一部材とみなし、静的応答解析から得られる最大膜主応力 $\sigma_{static-max}$ と動的応答解析から得られる各要素ごとの最大膜主応力 $\sigma_{dynamic-max}$ との比を「膜設計用のガスト影響係数 G_{fm} 」と定義し、解析結果の比較を行う。なお、膜頂点部のリングに隣接する要素は、過大な応力集中が発生するため、膜を二重に補強するという仮定の下、解析で得られた膜応力の2分の1の値で評価した。

Fig.4に中央ユニット風下側エリア(図中Bエリア)における G_{fm} 分布図を示す。「4点支持」では、いずれの初期張力においても、エリアの外周部で G_{fm} が突出している。これは、支柱付近の膜がユニット間をまたぎながら大きく変動しているためと考えられる。また、頂点部に近づくにつれ、初期張力による値の差が少なくなっている。一方、「4辺支持」では、どの部分においてもPS1000N/mの方が G_{fm} の値、ばらつき共に大きく、初期張力の影響を受けやすい傾向が把握された。

Fig.5に各エリア(Fig.5参照)での G_{fm} の最大値($G_{fm,max}$)を示す。「4点支持」では、いずれの初期張力においても中央に位置するエリアの方が、外周エリアよりも値が大きい傾向が見られた。「4辺支持」と比べると変動も大きく、 $G_{fm,max}$ の値は1程度大きく得られている。

4. まとめと今後の検討

連結したホルン型張力膜における風荷重に対する静的と動的応答の比較と G_{fm} の算出を行った。今後、風向や連結数をパラメータとした検討を行い、 G_{fm} の観点からの初期張力の適正值の提示があげられる。

【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)により実施されたものです。また、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神田研究室各位に感謝の意を表します。
 【参考文献】[1]永井,小野,斎藤,岡田,宮里『連結したホルン型張力膜屋根に関する基礎的研究』,AIJ大会(中国),2008.9,[2]福田,岡田,宮里,斎藤『ホルン型張力膜構造の設計用風荷重に関する基礎的研究』,AIJ大会(北陸),2010.9,[3]『建築物荷重指針・同解説(2004)』,(社)日本建築学会,2004.9[4]本間,佐伯,坂中『座標仮定有限要素法を用いた張力膜構造の動的解析』,日本膜構造協会論文集2008,2008.12[5]『建築物風洞実験ガイドブック』,(財)日本建築センター,1994.6

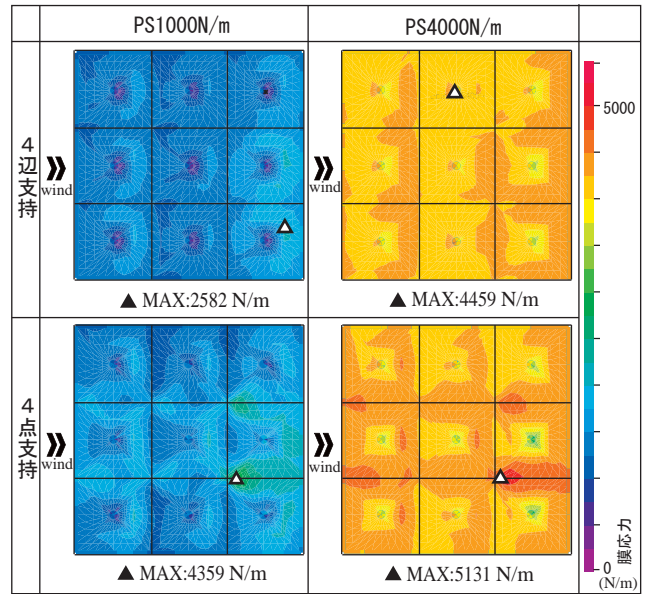


Figure2. Effective Stress from Static Response Analysis

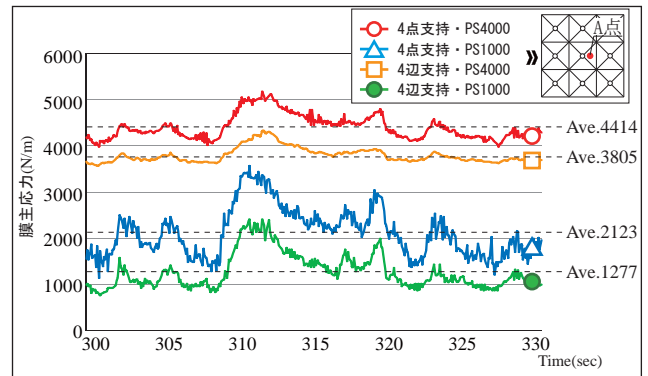


Figure3. Time History of Effective Stress

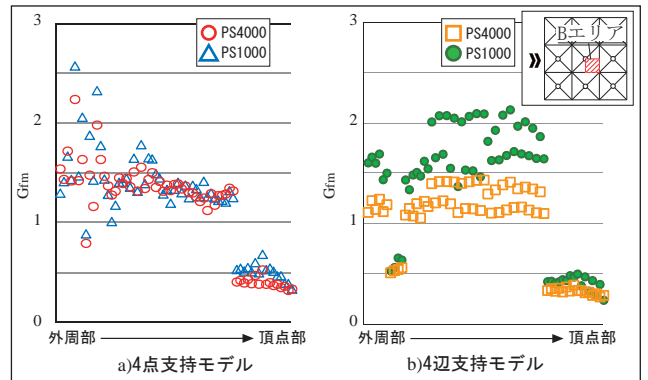


Figure4. Distribution of G_{fm} in Area B

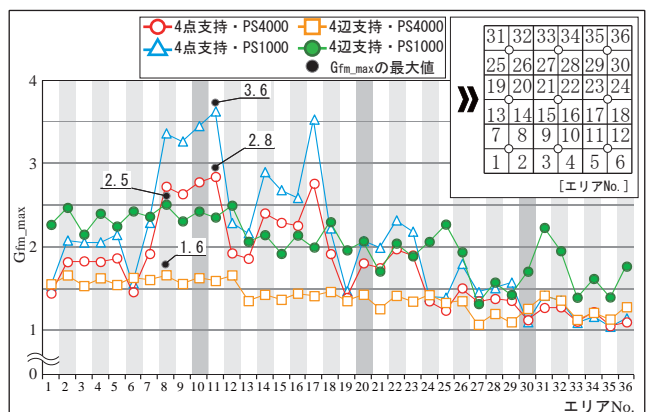


Figure5. Maximum Value of G_{fm} in Each Area