

B-2

レンズ型二重空気膜構造の内圧設定手法に関する研究
-アスペクト比が風圧力特性及び静的応答に及ぼす影響について-

Study on Setting Method of Internal Air-Pressure for Lenticular Double Layer Pneumatic Structure
-Effect of Aspect Ratio on Characteristics of Wind Pressure and Static Response-

○篠塚皓太⁴, 岡田章¹, 宮里直也¹, 廣石秀造², 吉野誠一³
*Kouta Shinotsuka⁴, Akira Okada¹, Naoya Miyasato¹, Shuzo Hiroishi², Seiichi Yoshino³

Abstract : This paper is study on the internal air-pressure for lenticular double layer pneumatic structure. Internal air-pressure for lenticular double layer pneumatic structure do internal air-pressure control in accordance with atmospheric condition. In recent years, there are possibility of non internal air-pressure controlled lenticular double layer pneumatic structure without control the internal air-pressure. In this study, to establish setting method of internal air-pressure for lenticular double layer pneumatic the authors considered wind tunnel test with aspect ration as a target and static analysis under wind load.

1. はじめに

レンズ型二重空気膜構造(以下「二重空気膜構造」と称す)は、膜材等で密閉された空間の圧力(内圧)を外気よりも少し高くし、膜面に張力を与え、剛性を付加することで外力に抵抗する構造である(Fig.1)。一般に二重空気膜構造は、内圧が常に設定値に維持されている状態を仮定している。これは一重空気膜構造において得られた知見に基づき、内圧制御の遅れが無視できるほど小さいとの前提に立脚したものである。しかし、比較的体積が小さく密閉度の高い二重空気膜構造では、外力による体積変化に伴う内圧変化により膜応力の急変が予想されるため、内圧一定の仮定は危険側の評価につながる可能性がある。

また、既報^{[1][2]}では二重空気膜構造において、正方形パネルを対象に、強風時に膜面が不安定とならない程度の常時内圧を設定することで、内圧制御を行わない方式の可能性が示されている。しかし近年では、形状の異なる長方形パネル等の物件が多く建設されており、パネル形状の変化に伴い、内部空気量、膜応力、風圧力特性の変化等が予想される。

以上の点から、本論では長方形パネルを対象に、アスペクト比をパラメーターとした風洞実験及び数値解析を行い、形状の変化が内圧変動及び膜応力に及ぼす影響について検討する。

2. 風洞実験

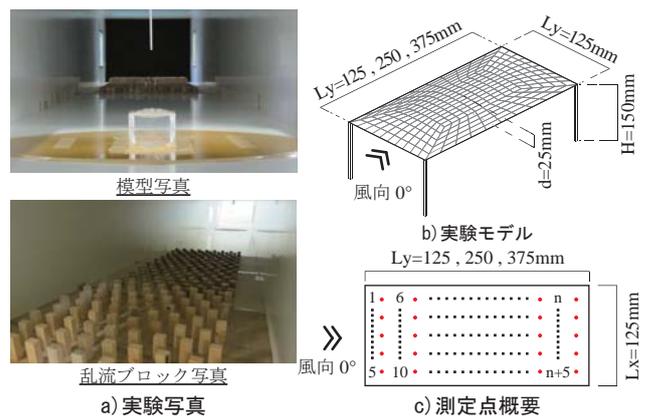
2-1. 風洞実験概要

二重空気膜構造の風圧力特性を把握するため、風洞実験を実施した。実験概要及び実験条件をFig.2, Tab.1にそれぞれ示す。パラメーターはアスペクト比、下部構造の有無及び気流とした。模型はアクリル製の剛模型とし、アスペクト比1:1,2,3(125mm×125,250,375mm)の模型を用いた。デプス・スパン比は短辺方向を基準に0.2とし、デプスを一定とした。模型高さは、床面距離の影響を考慮して高さ150mmとし、測定点は上下面同位置に配置の上、全点同時測定を行った。

気流は一樣流、乱流A,B(乱れ強さ10,20%)の3種類で測定した。気流の乱れは、木製の乱流ブロックを等間隔に配置することで製作した。なお本乱流は自然風を模擬したものではない。



Figure1. The Photos of Lenticular Double Layer Pneumatic Structure



アスペクト比	Lx×Ly	d	H	測定点
1 : 1	125mm×125mm	25mm	150mm	上下面 25点計 50点
1 : 2	125mm×250mm	25mm	150mm	上下面 35点計 70点
1 : 3	125mm×375mm	25mm	150mm	上下面 45点計 90点

Figure2. Outline of Wind Tunnel Test

Table1. Condition of Wind Tunnel Test

想定規模	5m×5m, 10m, 15m
模型スケール	1/40
デプス・スパン比	0.2 (短辺長さを基準)
下部構造	開放型、閉鎖型
サンプリング周波数・時間	500Hz・60sec
気流	一樣流 (風速 10m/s)
(3パターン)	乱流 A, B (乱れ強さ 10%, 20%)
風向	0度

2-2. 風洞実験結果

一樣流及び乱流Bによる風洞実験結果(開放型、閉鎖型の上面)を、左右対称性を考慮して反面のみをFig.3に示す。分布性状は、いずれの気流においても風上側が大きくなる分布となったが、気流の乱れが強くなるに従

1 : 日大理工・教員・建築 2 : 日大短大・教員・建築 3 : 日大理工・院(後)・建築 4 : 日大理工・院(前)・建築

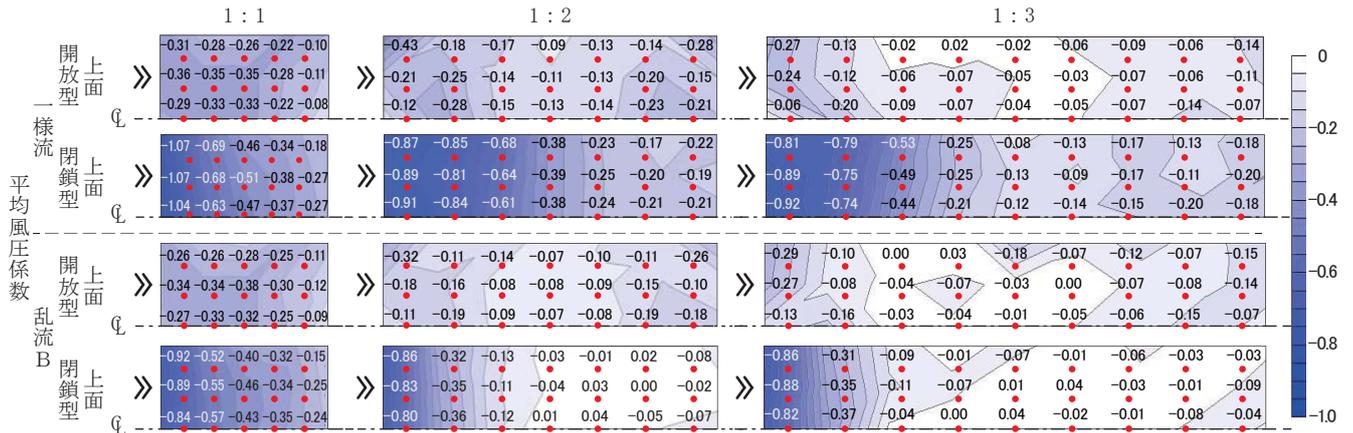


Figure3.Wind Pressure Coefficient Obtained from Wind Tunnel Test

い、風圧係数の絶対値が小さくなる傾向が把握された。また、アスペクト比が大きくなると平均風圧係数の絶対値は小さくなる傾向を示した。

3. 数値解析

3-1. 数値解析概要

二重空気膜構造の構造特性を把握することを目的として風洞実験を基にした静的応答解析を行なった。数値解析モデルの構造諸元をFig.4に示す。流体解析は、ポテンシャル理論に基づき、完全流体としてモデル化した内部空気の表面に、膜要素を付加したものとした。本手法においては流体部と構造部は結合されており、相互に作用することで、流体の媒質を考慮した解析が可能となっている。なお、荷重は風洞実験より得られた風圧係数を用いて、設計風速34m/sから算出した速度圧と負担面積を乗じて算出した。

3-2. 静的数値解析結果

風洞実験から得た平均風圧係数の大きい一様流の静的解析結果をFig.5に示す。Fig.5-a)より開放型、閉鎖型共に、アスペクト比が大きくなるに従い変動内圧量が小さくなり、その差は開放型の方が大きいことが把握された。また、初期内圧によって変動内圧量にほとんど変化は確認されなかった。

Fig.5-c),d)より、初期内圧が大きくなるに従い、膜応力が上昇し、膜面変位が小さくなることが把握された。また、アスペクト比が大きくなると、膜応力、膜面変位は大きくなる傾向を示した。1:2の閉鎖型は、風荷重が全体的に大きいため下面変位量が大きくなっていると考えられる。膜応力に着目すると、1:2と1:3は膜応力に大きな差を生じない結果となった。

アスペクト比が大きくなると、初期内圧時の膜応力は増加するが、膜応力及び内圧の変動は小さく抑えられる傾向が把握された。

4. まとめと今後の検討

本論では、二重空気膜構造の強風時の体積変化に伴う内圧変化が及ぼす影響について、アスペクト比の違いによる影響を把握するため、風洞実験及び静的数値解析により検討を行った。今後は動的な観点から検討を行い、動的な内圧変動による影響を検討していく予定である。

【参考文献】

[1]小野,斎藤,岡田,宮里他:レンズ型二重空気膜構造の強風時の構造挙動について,日本建築学会構造工学論文集,Vol.56B,P.521-526,2010.3[2]榎,斎藤,岡田,宮里他:レンズ型

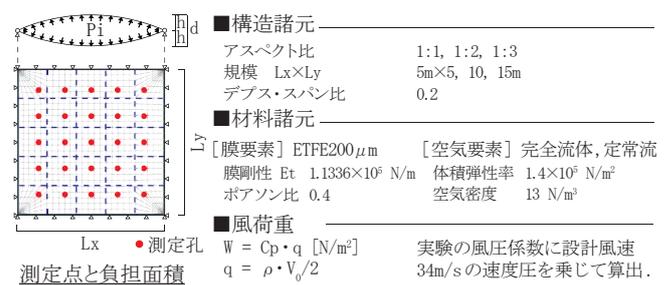


Figure4. Outline of Numerical Analysis

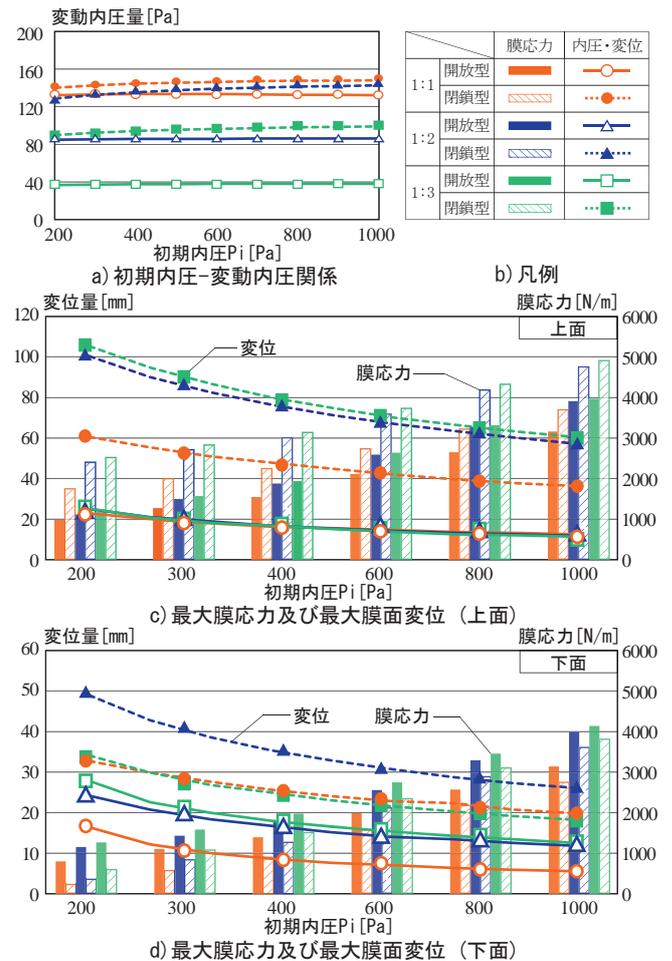


Figure5. Static Response Analysis Results under Wind Load

空気膜構造の内圧制御手法に関する基礎的研究,日本建築学会大会学術講演梗概集.P.1059-1062,2013.8[3]日本膜構造協会:ETFEフィルムパネル設計・施工指針(案),2006