

レンズ型空気膜構造における地盤面からの距離が内圧に及ぼす影響に関する基礎的研究
Basic Study on Influence of Distance from Ground Level on Behaviour of Internal Air-Pressure

○榎紀佳³, 岡田章¹, 宮里直也¹, 斎藤公男²

*Norika Enoki³, Akira Okada¹, Naoya Miyasato¹, Masao Saitoh²

Abstract: Internal air-pressure design approach of lenticular pneumatic structure is the same as that of single-layer pneumatic structure. It comes from study on the structural behavior of lenticular pneumatic structure is still insufficient. Thus, the establishment of pressure setting method of lenticular pneumatic structure are desired. Purpose of this study is lenticular pneumatic structure behaviors under the wind.

1. はじめに

空気膜構造は、1980年代を中心に東京ドームを筆頭とした一重空気膜に関する研究が進み、多くの知見が得られた。現在の空気膜構造は、一重空気膜において得られた知見に基づき、強風時には圧力制御装置を用いて内圧を常時内圧より高くする(以下「非常時内圧」)設計が行われている。

本研究で対象とするレンズ型空気膜構造は、多くの実施例がみられるが、一重空気膜構造に比べて内部空気の密閉度が非常に高いため、変形や振動に伴う内圧の急変など一重空気膜とは異なる性状が予想される。しかし、現状ではレンズ型空気膜構造の構造挙動に関する検討が未だ不十分であるため、一重空気膜と同様の設計手法がとられている。以上より、本構造に対する内圧設定手法の確立が望まれている。

また、既往の研究^[1]では、レンズ型空気膜構造においては、強風時に膜面が不安定にならない程度の常時内圧を設定することで内圧制御を不要とできる可能性が示唆されている。本論は、非圧力制御式レンズ型空気膜構造の最適内圧手法を目標とした基礎的研究と位置付けられる。

2. 検討項目

最適内圧設計手法の提案にあたり、解析手法を確立し、内圧挙動の把握を容易にする必要がある。しかし、既往の研究^[1]より、脚部に壁面の無い(以下「開放型」)レンズ型空気膜構造において数値解析と風洞実験結果が一致しないことが報告されている。この原因として、開放型レンズ型空気膜構造における地盤面からの距離の影響が考えられる。すなわち、レンズ型空気膜構造は、風荷重を受けた際に地盤面からの距離が小さいと、ベルヌーイの定理より地盤面と下面側の膜面に負圧が発生し、地盤面からの距離が遠い場合に比べ、大きな内圧低下が発生することが想定される(Fig. 1)。本論では、模型の脚の影響のない上面を使用し、天井面からの距離をパラメータとして剛模型による風洞実験を行うことにより、その影響について検討を行う。

3. 風洞実験概要

風洞実験は、250mm×250mm, D/L=0.2の開放型レンズ

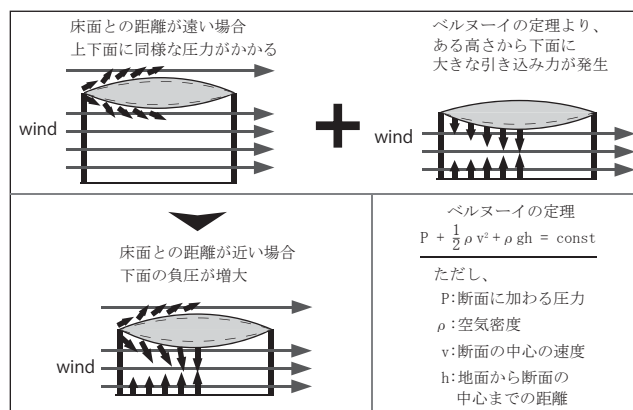


Figure 1. Expected Pressure Under the Wind

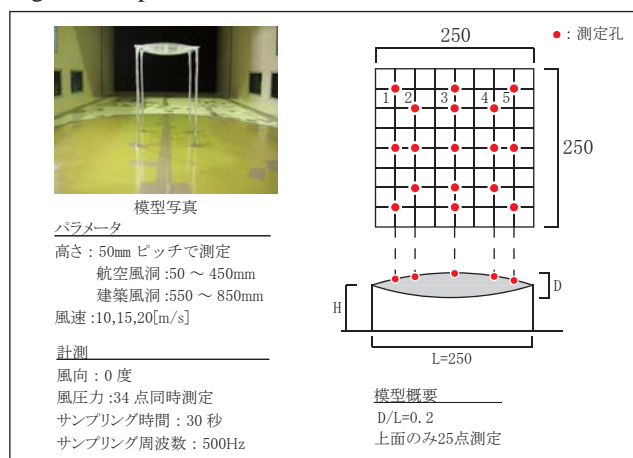


Figure 2. Outline of experiment

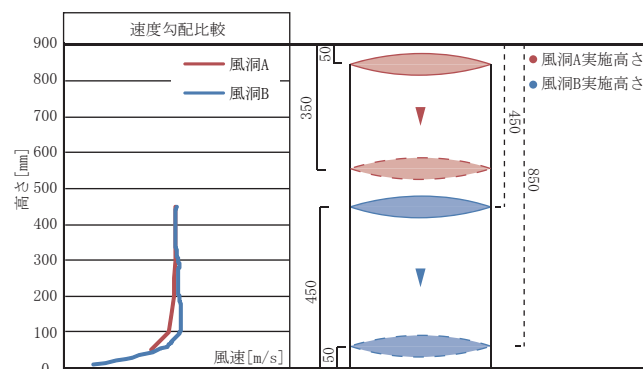


Figure 3. Velocity Gradient of Wind-Tunnel A and B

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

型剛模型を対象に、一様流下で風速10, 15, 20m/s, 風向0度とし、パラメータとする高さは、レンズ型端部の床面からの高さとして設定した。測定点はレンズ型上面のみ25点とした(Fig. 2)。

風洞は測定部断面1200mm×900mmのゲッチング型風洞(以下「風洞A」と)と、測定部断面2055mm×2560mmのゲッチング型風洞(以下「風洞B」)で行う。両風洞の速度勾配が概ね一致したため、天井面からの距離50mm~350mmを風洞Aで測定、風洞Aにおける天井面からの距離450mm~850mmに相当する高さ(床面からの距離450mm~50mm)を風洞Bにて測定し、連続するデータとみなす(Fig. 3)。

4. 実験結果

全ての風速において同様の傾向がみられたため、風速15m/sの結果のみの報告とする。また、風力係数は対称性を考慮し、半面のみ示す。

4-1. 風洞A実験結果

高さ別の風力係数分布をFig. 4に示す。風力係数は全面負圧となり風上側で最小値が得られた。天井面からの距離150~350mmでは、全ての天井面からの距離において同様な分布となる事が確認された。また、天井面からの距離50, 100mmにおいては、広範囲において風力係数の絶対値が大きくなる事が把握された。

4-2. 風洞B実験結果

前項と同様に風力係数分布をFig. 5に示す。全ての天井面からの距離において、前項における天井面からの距離150mm~350mmとほぼ同様の傾向を示した。

4-3. 風洞実験結果まとめ

風洞Aと風洞Bでの風力係数分布の比較を行う。Fig. 4とFig. 5の天井面からの距離150~850mmにおいて、同様の傾向が示された。この事からも、両実験結果および連続データとして扱う事の妥当性が確認されたため、全天井面からの距離における風力係数の比較を行う。模型中央部(Fig. 2中に示す測定点1~5)の風力係数分布をFig. 6に示す。最小風力係数(負圧)の分布に着目すると、天井面からの距離150mm以上では測定点2で最大となっている。一方、天井面からの距離100mm以下では測定点3で最大となり、また全体として風力係数の絶対値が大きくなる傾向がみられた。これは、ベルヌーイの定理により大きな引き込み力が発生したためと考えられる。天井面からの距離800mmは開放型レンズ型空気膜構造の下面と置き換えると、 $H/L=2/5$ に相当し、 H/L がこれ以下となると内圧が減少する可能性が考えられる。また中央部である測定点3で最小となったのは、レンズ型の形状では測定点3が最も天井までの距離が近く、最も強い引き込み力が発生したためと考えられる。

4. まとめ

$H/L=2/5$ 以下で風力係数の絶対値が大きくなる傾向が把握された。今後、他のデプス/スパンの形状においても同様の傾向となる事を確認すると共に、動的な内圧変動の評価を行う必要がある。

【参考文献】[1]宮下, 小野, 岡田・他: 「レンズ型空気膜構造の構造挙動について」, 修士論文, 2006, 2008,

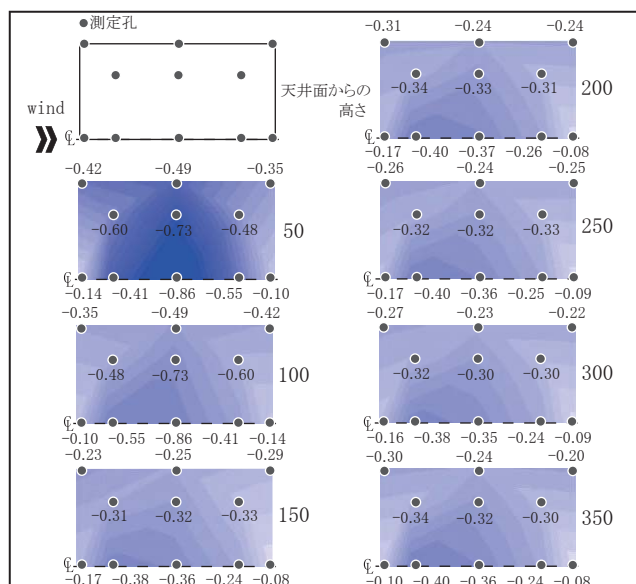


Figure 4. Coefficient of Wind Force at Wind-Tunnel A

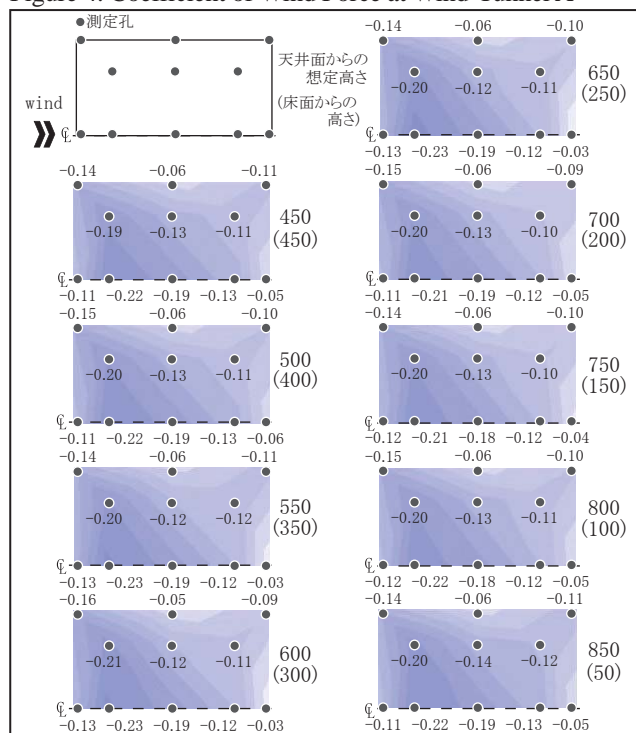


Figure 5. Coefficient of Wind Force at Wind-Tunnel B

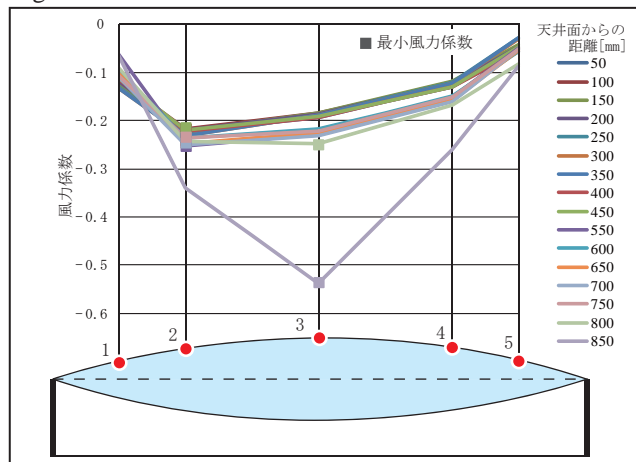


Figure 6. Coefficient of Wind Force on Center Line at Aero-Space and Arch Wind-Tunnel