B-10

レンズ型二重空気膜構造の偏分布荷重時の基本的力学性状に関する研究

Study on Basic Mechanical Characteristics of Lenticular Double Layer Pneumatic Structur under Partial Distributed Load

岡田章1, ○宮内集3, 宮里直也1, 廣石秀造2, 与那嶺仁志4, 内田啓太3, 中村联瑛子3 *Jun Miyauchi³, Akira Okada¹, Naoya Miyasato¹, Shuzo Hiroishi², Hitoshi Yonamine⁴, Keita Uchida³, Saeko Nakamura³

Abstract: Lenticular pneumatic structure has a system to resist external force with raising larger internal air pressure than external pressure. It is thought that this structure resists partial load with movement of the internal air. There are risks of the local displacement and ponding phenomenon. This paper aims grasp of the property for partial distributed load of lenticular pneumatic structure using an experiment and analysis.

1. はじめに

レンズ型二重空気膜構造(以下「レンズ型空気膜」と称 す)は、膜材等で密閉された空間の圧力を外気よりも 少し高くすることで, 膜面に張力を与え剛性を付加 し、外力に抵抗する構造システムである.近年、屋根 面にETFEフィルムを用いた矩形パネルの二重空気膜構 造が採用され(Fig.1), 今後使用されるパネルの規模 も大きくなっていくことが予想される. 特にETFEフィ ルムを用いた密閉型あるいは密閉型と見なせるレンズ 型空気膜は、以下2つの構造的特徴を有している.

- ・ETFEフィルムは、比較的小さな降伏応力と大きなク リープ歪が特徴であり,外力による膜面の伸びに 伴って内部体積の増加と、内圧の低下を生ずる.
- ・偏荷重に対して膜内部の空気の移動を生じること により,内圧の変動が小さいまま外力に抵抗する.

以上の特徴により, レンズ型空気膜は偏荷重に伴 う載荷箇所における局所的変位の増大や、進行性ポ ンディング[1]の発生が危惧される.しかし,風荷重等 の膜全面への荷重に関する研究[2]は数多く報告され ているが、偏荷重に関するデータは著者らの知る限り 少ないのが現状である.本論ではレンズ型空気膜の 偏荷重時の基本的性状の把握を目的として,パネル形 状がアスペクト比2のモデルを対象として、実験及び数 値解析により検討を行った.

2. 実験及び数値解析概要

実験目的を踏まえて,矩形平面のレンズ型空気膜を 対象として,空気圧を利用した載荷実験を行った.実 験概要をFig2に示す.正圧載荷は積雪荷重を想定して おり、下膜への載荷により実験を行った.実験では ETFEフィルム2枚を重ねてシワのないように四周を固定 し, 密閉されたフィルムの間へ空気を送風することで 初期形状を形成した.初期内圧は事前の数値解析結果 に基づき、最大膜応力が7MPaとなる970Paと設定した. 試験体は、短辺(Lx:500mm)×長辺(Ly:1000mm)のアスペ







Fig.2 Outline of Experiment

1:日大理工・教員・建築 2:日大短大・教員・建築 3:日大理工・院(前)・建築 4:Ove Arup & Partners Japan Limited

クト比2の矩形平面とし,載荷はチャンバー内の内圧制 御による全面正圧,全面負圧,エアバッグによる半面載 荷(正圧)の計3ケースとした.

数値解析概要をFig3に示す.解析モデルは膜面同士 の接触を考慮し,空気要素に初期内圧を与えた後,内部 空気量を一定とすることで,密閉型をモデル化した.膜 面の変位は境界部を0とし,載荷は実験と同条件の範囲 で膜面に鉛直の荷重を与えた.

3. 実験結果及び数値解析結果

全面正圧載荷と半面正圧載荷の荷重-下膜1変位関係 をFig7に示す.半面正圧載荷は,載荷面側の変位の増 加量が全面載荷に比べ大きくなることが把握された.

4. 載荷範囲変更による検討

載荷範囲の違いにより膜面の変形性状が異なること が前章より確認された.そこで,前章と同様の数値解 析モデルを用いて,載荷範囲と膜面変位の関係の把握を 目的として,正圧による載荷範囲をパラメータとした解 析を行った(Fig8).載荷面側の膜端部の角度を θ とし, θ =0となる,つまり膜が反転する際の荷重と載荷範囲 の関係をFig9に示す.本モデルにおいて載荷範囲30%で θ =0となるまでに必要な荷重が最も小さく,膜端部が 容易に変形することが把握された.この理由として,載 荷範囲が小さい場合,内部空気の移動が容易なため, 体積変化(内圧変化)を伴わない変形,すなわち伸び無 し変形に近い性状が顕著に現れたものと考えられる.

載荷範囲30,50%の上下膜それぞれの最大膜応力-荷重関係をFig10に示す.載荷範囲30%では最大膜応力が比較的小さく,また上下膜でほぼ同じ値を示すことが確認された.

5. まとめと今後の検討

本論では、アスペクト比2のレンズ型空気膜を対象 として、実験と数値解析により検討を行い、載荷範囲 の違いによる基本的性状の把握を行った.

今後は規模やアスペクト比が異なる場合の性状の把 握や進行性ポンディングの検討を行う予定である.

6. 謝辞

本研究は,能村膜構造技術振興財団の助成及びAGC旭 硝子の試験体提供により実施した.

7. 参考文献

[1]赤岩英和,他「ホルン型張力膜構造のポンディング現象に関する基礎的研究」,AIJ大会(東北),構造I,pp.843-846,2009.8 [2]篠塚皓太,他:「矩形平面を有するレンズ型二重空気膜構造 に関する研究」,AIJ大会(関東),構造I,pp.753-758,2014.8



