

B-1

ETFEフィルムを用いたばねストラット式張力膜構造の風荷重時の構造挙動に関する研究
-ストラットの突き上げ力の設定について-

Study on Structural Behavior on the Occasion of Wind Load in "Spring-Strut Type Membrane Structure" for ETFE film
-About Settings Axial Strut Force-

○福井直輝³, 岡田章¹, 宮里直也¹, 斎藤公男²

*Naoki Fukui³, Akira Okada¹, Naoya Miyasato¹, Masao Saitoh²

Abstract: In the previous paper, ETFE has been proposed to apply to "Spring-Strut Type Membrane Structure" that is tossed by a strut internal spring, and can maintain the film stress after aging, and it has been identified the effectiveness of the spring stiffness at low especially. In this paper, conducted wind tunnel tests and it aims to grasp "the influence at the Occasion of wind load" that is domination load for this structure and propose "the settings of proper axial strut force" when ETFE is tossed as parameters initial axial strut force.

1. はじめに

低強度, 低剛性, 大きなクリープ歪の発生, 等の材料特性を有するETFE(エチレンテトラフルオロエチレン共重合樹脂)フィルムは, 応力弛緩の生じ易さ故, 建築物として適用される構造形式は空気膜構造が殆どである(Fig. 1). 近年海外においてはプールやスタジアム屋根等, 多くの実施例が見られるが, 空気膜構造での適用はランニングコストや環境に対する課題が残る. 既報では, 空気の代わりにばね内蔵のストラットによってETFEを突き上げ, 経時後も膜応力を維持できる「ばねストラット式張力膜構造」への適用が提案され, 特に低剛性ばねを用いた際の有効性が確認されているが, 以下に示す検討課題が存在する. 一つは, 支配荷重となる「風荷重時の影響」である. 低剛性のETFEと低剛性のばね材のハイブリッド構造であることを踏まえると, 風荷重時の挙動の把握は必要と考えられる. もう一つは, ETFEを突き上げる際の「束の適切な軸力設定(ETFEの適切な張力設定)」である. 前述同様, ETFEの材料特性を踏まえると, 応力弛緩の生じ易さなどからなるべく負荷を与えない様な低軸力を設定することが望ましいと考える.

以上の観点から, 本報ではETFEを用いたばねストラット式張力膜構造を対象として, 初期導入軸力(以下, 初期軸力)をパラメータとした風洞実験を行い, 実験結果から適切な束軸力設定を提案することを目的としている.

2. 風洞実験

2-1. 実験概要

Fig. 2に実験概要を示す. 文献[4]を参照し, 相似則に基づき試験体を製作した. 試験体規模はスパン950mmと

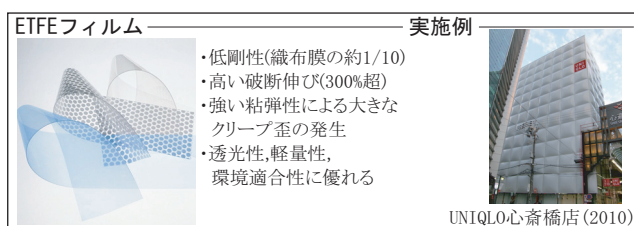


Figure1. About ETFE-film

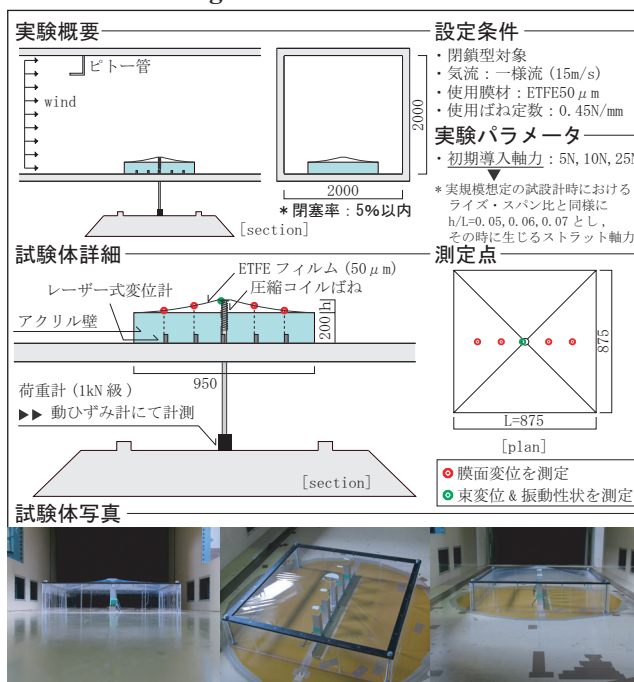


Figure2. Outline of Wind Tunnel Tests(unit:mm)

し, フィルムはETFE50 μ mを用いた. 曲面形状の形成は, $h/L=0.05, 0.06, 0.07$ とし, その時に生じる束軸力を実験パラメータとした. また, 実験はゲッチングン型風洞装置を使用し, 気流は一樣流(風速15m/s)で実施した. 束軸力の測定には荷重計を用い, 動ひずみ計を介して計測した. 束と膜面変位の測定にはレーザ式変位計を用いた. 各測定のサンプリング周波数, サンプリング時間はFig. 3に実験手順と共に示す.

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

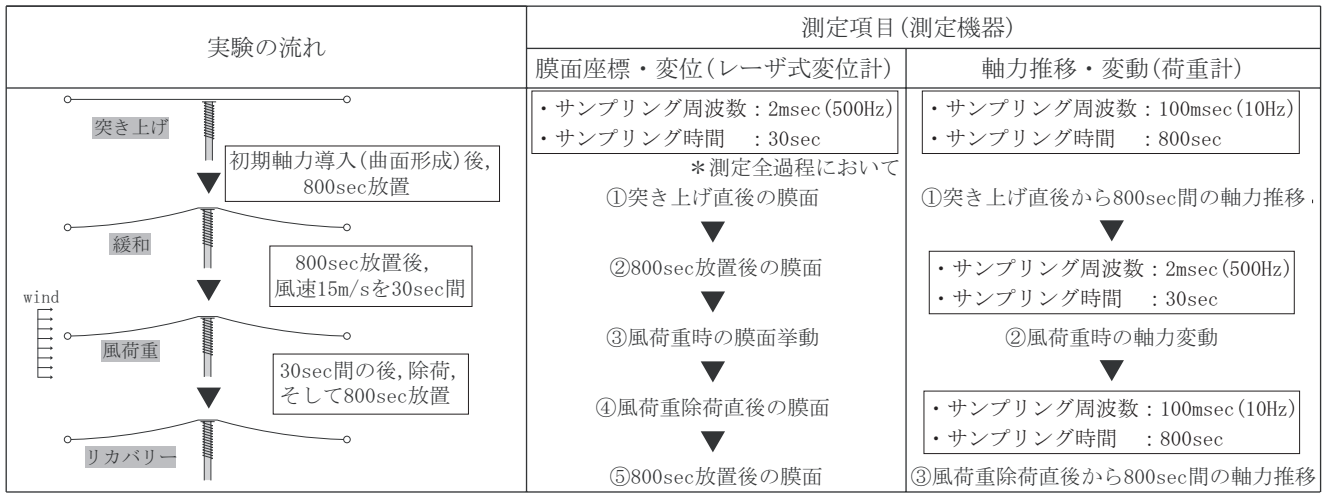


Figure3. Experimental Procedure

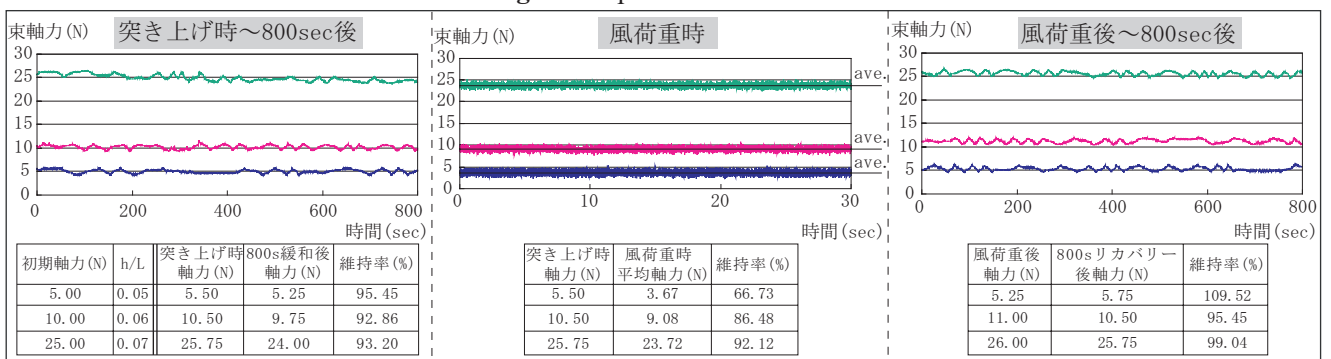


Figure4. Experimental Results

2-2. 実験結果

実験結果を Fig. 4 に示す。初期軸力が低い方が突き上げ時から経時後 (800sec 後) に束軸力の維持率が高いことが把握された。定荷重である突き上げ力が小さい方が ETFE へのひずみの進行に対する負荷が小さいことに起因していると考えられる。次に風荷重時平均軸力を見ると、風荷重前と比較して束軸力が低くなっている。これは風荷重時に膜面に上向きの力 (負圧) が作用するために束軸力が減少したためと考えられる。また、風荷重後から 800sec のリカバリーを経て、初期軸力 10N, 25N 時は束軸力が減少していたのに対し、5N 時は増加しており、風荷重後もいずれの初期軸力においても束軸力維持率は高い結果が得られた。

以上の実験結果から、ETFE のばねストラット式張力膜において、低軸力設定の設計の可能性が示唆された。

3. 試設計との相似の確認について

風洞試験体の製作に当たり、対象とした実規模特定の数値解析 (Fig. 5) と実験結果とを比較し、相似の確認を行った。突き上げ時軸力と風荷重平均軸力より束軸力の維持率を比較したところ、概ね一致している (Table1)。

解析モデル概要	設計用風荷重概要
対象規模: 2.8m×2.8m 境界条件: 四辺ピン支持 材料諸元: ETFE200μm Et=115.2N/mm ² ν=0.44 Gt=39.98N/mm ² ばね材 ばね定数k=1.47N/mm 初期張力: 0.01N/mm ライズ・スパン比: 0.05, 0.06, 0.07 *突き上げ完了時の突き上げ部膜応力が短期許容応力度を超えない形状としている	W=q×Cp q=0.6EVo ² E=Er ² ·Gf 地表面粗度区分をⅢとして諸数値を設定(H=4m設定) 地表面粗度区分: Ⅲ Zb=5m, ZG=450m. α=0.20 E=1.19... (Er=1.7(5/450) ^{0.20} =0.69...) Gf=2.5 q=828.42N/m ² (Vo=34m/s) *Cpは既往の風洞実験 ^[1] によって得られた数値を用いた。(h/L=0.1時)

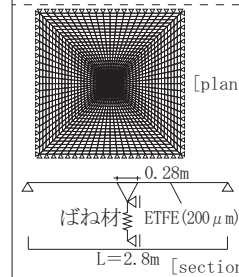


Figure5. Outline of Analysis

Table1. Comparison of Experiment and Analysis

	h/L	突き上げ時軸力 (N)	風荷重時平均軸力 (N)	維持率 (%)
実験値	0.05	5.50	3.67	66.73
	0.06	10.50	9.08	86.48
	0.07	25.75	23.72	92.12
解析値	0.05	314.47	228.13	72.54
	0.06	541.22	466.00	86.10
	0.07	857.39	791.45	92.31

4. まとめと今後の検討

風洞実験を通して、ETFEのばねストラット式張力膜において、低軸力設定の設計の可能性が把握された。今後は更なる実験を通して、固有周期などの把握や動的な検討も行う予定である。

《謝辞》試験体の製作に当たり、ご協力いただきました旭硝子(株)の関係者の方々に謝辞を表します。

《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]色部, 赤木『Maxwell材料における粘弾性定数の一決定法』, 土木学会論文報告集, No. 213, 1973. 5. [4]日本建築センター『建築物風洞実験ガイドブック』, 1994. 6