

B-3

放射型ケーブル屋根構造の強風時の構造挙動に関する研究

- 風洞実験における平面形状の違いによる風圧力特性の比較 -

Study on Structural Behavior of Roof Structures Consisting of Radially Arranged Cables under Strong Winds
- Comparison of Wind Pressure Characteristics due to Differences in Planar Shape in Wind Tunnel Test -

○矢ヶ崎拓人³, 岡田章¹, 宮里直也¹, 廣石秀造², 鴛海昂⁴

*Takuto Yagasaki³, Akira Okada¹, Naoya Miyasato¹, Shuzo Hiroishi², Akira Osiumi⁴

Abstract : In this paper, the authors focused on a roof structure consisting of radially arranged cables. In the previous report, wind tunnel tests and wind response analysis are performed, and the gust influence factor is calculated for the elliptical planar shape. However, since the initial tension cannot be sufficiently introduced into the long side portion, the results show variations. Therefore, in this study, the authors target the circular planar shape. In this paper, prior to the wind response analysis, the authors will conduct a wind tunnel test and try to compare the wind pressure characteristics by the planar shape.

1. はじめに

本報で対象とする放射型ケーブル屋根構造は、内側のテンションリングと外側の圧縮リング間にケーブルを放射状に配置した軸力抵抗系の軽量構造である。しかし、これまで国内での事例は報告されておらず、構造計画の際に必要な基礎的データの蓄積はごく限られている。

既報^[1]では楕円形平面を有するスタジアムを対象として、風洞実験で得られた風圧力特性を用いた静的解析及び風応答時刻歴解析より、軸力変動や最大軸力の比率に基づきガスト影響係数の検討を行っている。しかし、楕円形状の場合、曲率の小さい長辺部に初期張力を十分に導入できないことから、長辺部の変位や軸力変動の大きさが短辺部や隅角部に比べて顕著となる。その結果、ガスト影響係数の算出結果にばらつきがみられ、このばらつきは、初期張力による影響か、スタジアム平面形状の曲率による影響か判断できない。

以上の背景から、本研究では全ての放射ケーブルに初期張力が均等に導入可能な円形平面のモデルを対象とし、風洞実験及び風応答解析を行い、ガスト影響係数の算出を最終目標とする。

本報では、風応答解析に先立ち、縮尺モデルを用いた風洞実験を行い、平面形状の違いによる風圧力特性の比較を試みる。

2. 検討モデル

本報では、円形及び楕円形の平面形状を有する放射型ケーブル屋根構造を対象とした。既存スタンドを再利用した屋根部分の増築を想定して、海外の既存改修事例を参考にしながら、スタンドと構造的に分離した検討モデルを構築した。屋根はテンションリング1層、圧縮リング2層で構成し、テンションリ

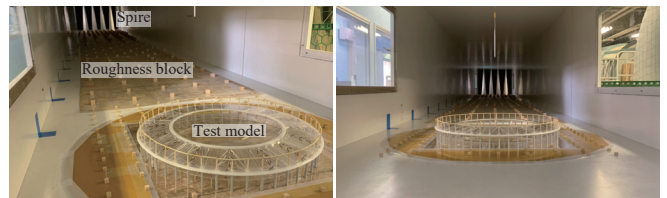


Fig.1 Photos of wind tunnel test

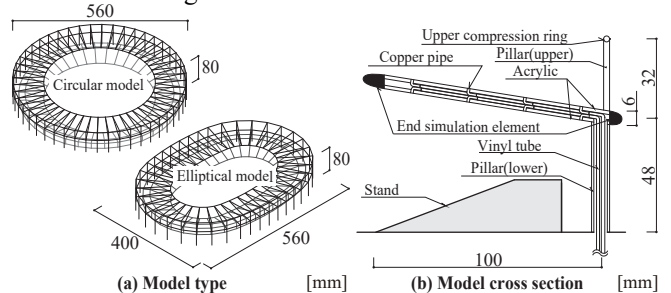


Fig.2 Outline of wind tunnel test

Table.1 Experimental conditions

Wind tunnel device	Eiffel type wind tunnel device (1.2m×0.9m)
Air Flow	Boundary layer turbulence (category of surface roughness III)
Wind velocity	6m/s at z=48mm (around the test model)
Velocity gradient α	$\alpha=0.2$
Sampling frequency	800Hz
Sampling time	about 10sec
Model scale	L=560mm, H=80mm (model : full = 1 : 500)
Model type	Circular model / Elliptical model

ングは圧縮リング2層の高さの中央に配置した。なお、屋根の仕上材は膜材を想定し、放射ケーブル下弦材の位置に取り付けるものとした。

3. 風洞実験概要

検討モデルの風圧力特性の把握を目的として、剛模型による風洞実験を実施した。風洞実験概要をFig. 2, 実験条件をTable. 1に示す。風洞模型は、放射ケーブル上弦材を除く、柱、圧縮リング、スタンド及び放射ケーブル下弦材の位置に取り付ける膜材で構成した、縮尺率1/500の亚克力製の剛模型とした。模型の屋根(膜)面の厚さは約6mmとなり縮尺率を満足していないが、屋

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 : 日建設計・修士(工学)

根面両端部にテンションリング及び下段圧縮リングを模擬した曲率を有する部材を設けることで剥離に対して配慮している。また、曲率を有する場合、レイノルズ数による影響も無視できないと考えられるが、本報では基本的知見の蓄積を目的としているため、レイノルズ数による影響は考慮していない。実験気流は、建築物荷重指針における地表面粗度区分Ⅲ相当の境界層乱流を用いた。模型設置位置での測定気流をFig.3に示す。基準速度圧は模型の影響を受けない風洞床上400mmの位置で測定し、風速の鉛直分布を考慮して模型軒高 ($Z=48\text{mm}$)での値に換算した。本実験の模型軒高での風速は 6m/s 、乱れ強さはおおよそ 0.2 である。測定はサンプリング周波数 800Hz として約10秒間(フルスケール換算で約13分)とし、全点同時測定を行った。評価時間はフルスケール換算で、約13分のうち、約1.7分からの10分間とした。

4. 風洞実験結果及び考察

測定は10回ずつ行い、アンサンブル平均処理を行った。なお、風力係数及び外圧係数の定義はFig.4に、測定点及び風向はFig.5に示す通りとする。円形の屋根根上下面の平均外圧係数分布をFig.6に示す。風上側では屋根下面、風下側では屋根上面の平均外圧係数が支配的となった。風下側屋根先端では剥離現象が要因と考えられる。モデル・風向別の平均風力係数(a)、変動風力係数(b)、ピーク風力係数(c, d)をFig.7に示す。なお、楕円モデルでは長手を 90deg 、短手を 0deg と称する。平均風力係数は、風向に対するスタンド間距離の遠い円形と楕円 90deg が大きな値を示すことが確認された。特に、円形は風下側屋根先端で大きな値を示している。これは、スタジアム内部に流入する風が多く、大きな剥離の発生が要因と考えられる。一方、変動風力係数は概ね同様の傾向を示すことが確認された。また、最大ピーク風力係数は、風上側屋根軒高で円形と楕円 90deg が大きな値を示した。これは風上側屋根の平面形状が大きな曲率を有しているため、スタジアム内部に流入する風が集中し、屋根下面に大きな負圧が生じたためと考えられる。最小ピーク風力係数は風下側屋根で円形が大きな値を示しており、風下側屋根はスタジアム内に流入する風量に影響すると考えられる。

5. まとめ

本報では、風洞実験から平面形状の違いによる風圧力特性の比較を行った。

6. 参考文献

[1] 駕海, 岡田, 宮里他: 「放射型ケーブル屋根構造の強風時の構造挙動に関する基礎的研究」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造I, pp. 959-964, 2019. 9
 [2] 日本建築センター: 「実務者のための風洞実験ガイドブック 2008年度版」, 2008. 10

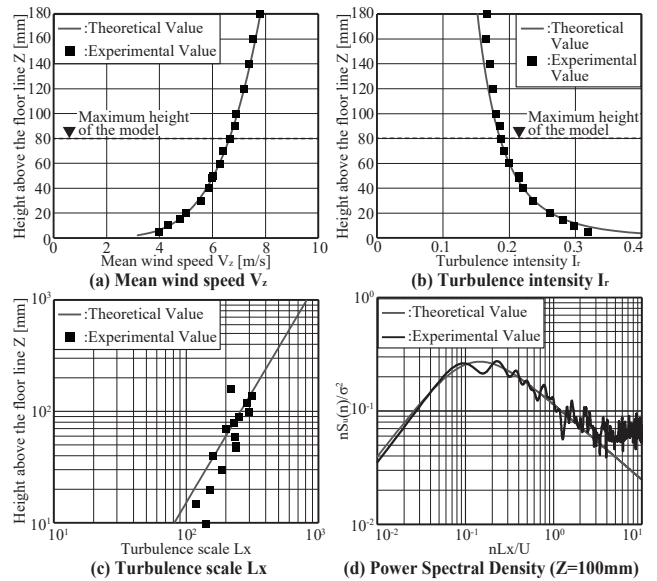


Fig.3 Wind flow conditions in the wind tunnel test

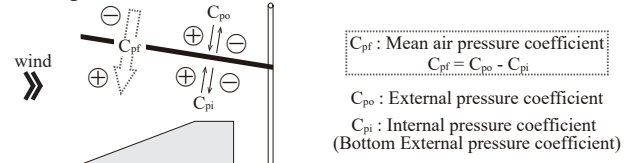


Fig.4 Definition of various coefficients

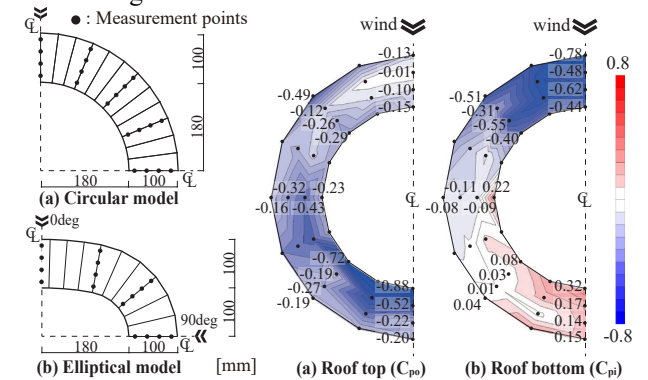


Fig.5 Measurement point distribution
 Fig.6 Mean external pressure coefficient (Circular model)

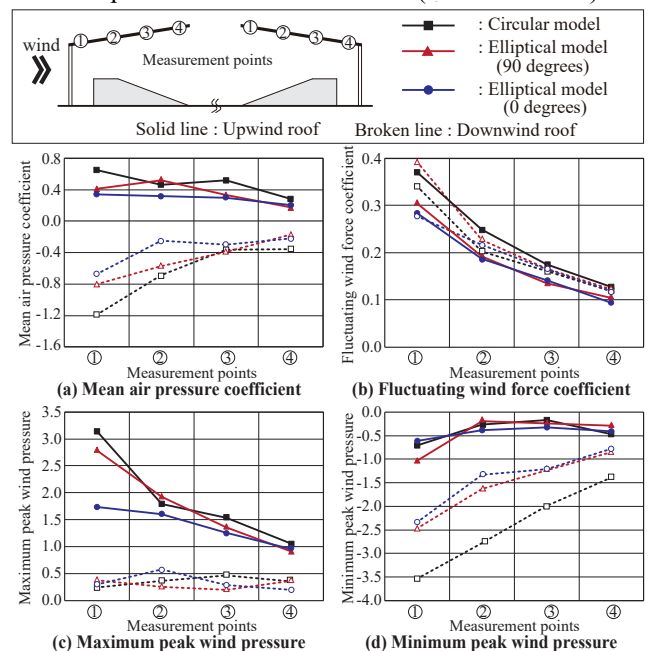


Fig.7 Results of wind tunnel test