

B-30

六角形格子により構成されたHP型ケーブルネット構造の基本的構造特性に関する研究
 -風圧力特性及び強風時の構造挙動の把握-

Study on Basic Structural Characteristics of HP Type Cable-Net Structure Consisting of Hexagonal Mesh
 -Understanding Wind Pressure Characteristics and Structural Behavior under Strong Winds-

○荻島辰弥², 宮里直也¹, 岡田章¹, 廣石秀造¹, 鴛海昂¹
 *Tatsuya Ogishima², Naoya Miyasato¹, Akira Okada¹, Shuzo Hiroishi¹, Akira Oshiumi¹

Abstract: HP type cable-net structure is characterized by the form resistance of the axial force resistance system and is excellent in rational on structure. The hexagonal lattice cable net structure proposed in this paper has a poisson's ratio of 1, so it is easy to form a constant tension curved surface. In addition, all the cables resist while increasing the tension when the load is applied. Since this structure is a lightweight structure, the wind load is generally dominant. Therefore, wind tunnel tests are conducted on HP curved roofs with a sag span ratio of 0.10, and static numerical analysis is performed using the obtained data to understand the wind response characteristics.

1. はじめに

HP曲面を有するケーブルネット構造は、軸力抵抗系の形態抵抗性能が特徴であり、優れた構造合理性を有している。一方、六角形格子はポアソン比1となる性状を有するため、六角形格子によりHP型のケーブルネットを構成した場合は、等張力曲面の形成が容易という性状を有する。既報^[1]では六角形格子で構成されたケーブルネット構造を対象に、等分布荷重下の力学性状及び、ケーブルの初期張力量と軸剛性が与える影響について報告している。報告によると、二方向メッシュに比較して、付加荷重時に全ケーブルの張力が増加しながら抵抗する一方で、剛性が低くなる性状が報告されている。本構造は軽量構造あり、一般に風荷重が支配的となるため、風荷重下での構造性能の把握が必要不可欠である。以上のことから、本報では風洞実験によりHP曲面の風圧力特性の把握を行うと共に、数値解析を用いて格子形状による風応答性状の比較を行った。

2. 風洞実験

2-1. 実験概要

本構造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。風洞実験模型の概要をFig. 1に、風洞実験の概要をTable 1に示す。検討モデルは、48m×49mの矩形平面、基準高さ12mを有するサグ・スパン比(f/L)0.10のHP曲面とし、模型の縮尺率は1/200と設定した。模型はアクリル製の剛模型とし、模型表面には外径1mm、内径0.6mmの銅製パイプを用いて、上下面計152点の測定孔を設けた。屋根面の厚さは、模型製作の都合上、約5mmとし、四隅を柱で支持した。風向は、HP曲面の凹の放物線方向を0度、凸のアーチ方向を90度と設定し、0度、45度、90度を測定した。実験気流は、地表面粗度区分Ⅲ相当の境界層乱流を用いた。

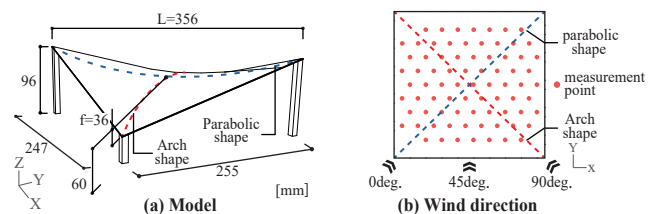


Figure 1. Outline of Wind Tunnel Test Model

Table 1 Conditions of Wind Tunnel Test

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=60mm (around the test model)
Velocity gradient α	$\alpha=0.2$
Sampling frequency / time	1000Hz / 8.0sec
Model scale	L=356mm, H=60mm (S = 1 / 200)
Model type	Open model

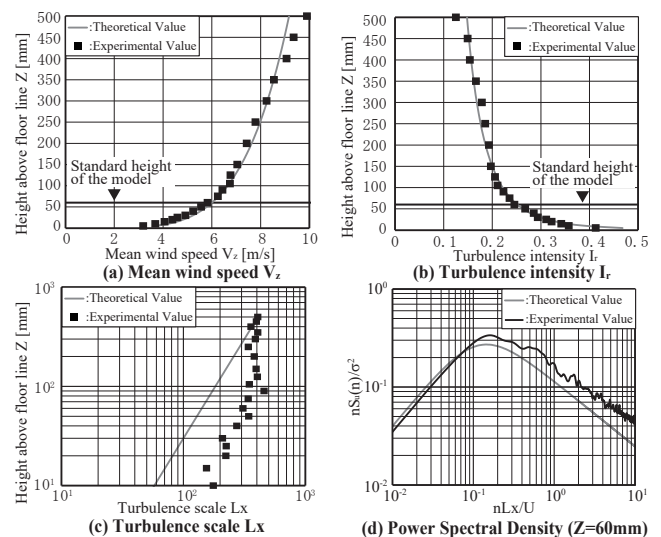


Figure 2. Window flow conditions in the wind tunnel tests

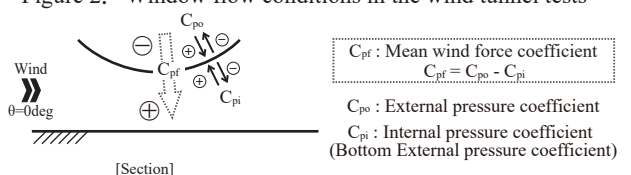


Figure 3. Definition of Coefficient (Positive and Negative)

1 : 日大理工・教員・建築 2 : 日大理工・院 (前) ・建築

Fig.2に模型設置位置での測定気流を示す。風速、乱れ強さは指針値^[1]と概ね一致している。一方、乱れのスケール、パワースペクトル密度は指針値より大きい値を示しているが、実験に及ぼす影響は少ないと判断した。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=60mm)での値に換算した。測定はサンプリング周波数1000Hzとして約8秒間(フルスケール換算で約5分)とし、全点同時測定を行った。

風力係数及び風圧係数の定義をFig.3に示す。なお、測定は10回ずつ行い、アンサンブル平均処理を行った。

2-2. 風洞実験結果及び考察

Fig.4(a)~(c)に風向0, 45, 90度の平均風力係数を示す。風向0度では、風上側では負、風下側で概ね正の値を示した。また、風力係数の絶対値は風下側の方が大きいことが確認された。これは風向に向かって屋根形状が凹の放物線形状となっており、風上側で風が剥離し、風下側で再付着したためと考えられる。また、風向90度では、中央部において大きな負の風力係数が確認された。これは、屋根面が風向に向かって凸のアーチ形状となっており、屋根面に沿って風が流れ、頂点部付近で剥離したためと考えられる。

3. 静的数値解析

3-1. 静的数値解析概要

風洞実験で得られた風圧力特性を用いて、数値解析により静的荷重下の応答性状の把握を行った。検討モデル概要をFig.5, 数値解析概要をTable 2に示す。検討対象は同一な内接円を有する一辺51.4mの四角形と48m×49mの六角形格子の2つのモデルとした。両モデルの初期張力量は、四角形格子が風荷重下で張力消失しない値として、335kNと設定した。支持条件は矩形平面を有する剛境界を想定し、端部ピン支持とした。六角形格子は、押え、吊りケーブルが重なる部分の断面積を2倍の値に設定した。荷重条件は、0度の平均風力係数を用い、負担面積及び速度圧を考慮してケーブル各交点に集中荷重として載荷した。

3-2. 静的数値解析結果及び考察

風荷重時の軸力図をFig.6に示す。四角形格子では、中央部の吊りケーブルの張力が増加し、風下側の押えケーブルの張力の減少が確認された。一方、六角形格子の場合、吊り、押えケーブル共に、張力が増加している。また張力の最大値は、四角形格子で553kN、六角形格子で462kNであり、屋根面の大きさは異なるものの、六角形格子の方が約0.8倍小さくなった。以上より、六角形格子で構成されたケーブルネット構造は、風荷重時においても荷重を分散し、すべてのケーブルにて外力に抵抗することが把握された。

風荷重時の上下方向の最大変位をFig.7に示す。両モデルとも変形の大きい下方向の変位は、四角形格子で0.48m、

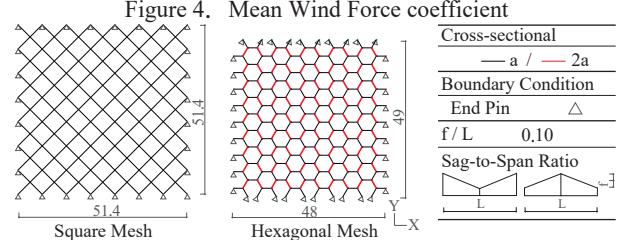
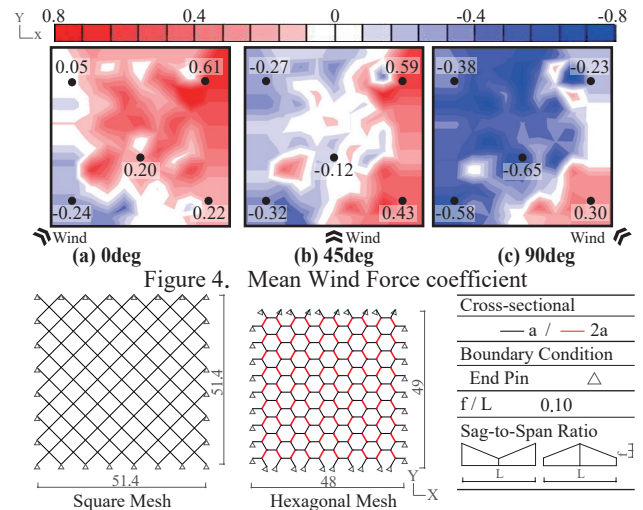


Figure 5. Outline of Model
Table 2 Outline of Numerical Analysis

<input type="checkbox"/> Lattice Width	Same for inscribed circles	<input type="checkbox"/> Loading Condition	Wind load
<input type="checkbox"/> Structural Specifications of Cable (Non-linear Non-pressure)	Elastic modulus 1.4e+05N/mm ²	<input type="checkbox"/> Design speed pressure q: 1,400 [N/m ²]	Wind force coefficient C:
<input type="checkbox"/> Material specifications	Structural spiral rope 1×37 Φ30	<input type="checkbox"/> Mean wind force coefficient	
<input type="checkbox"/> Initial tensile force	335kN	<input type="checkbox"/> Square Mesh	<input type="checkbox"/> Hexagonal Mesh

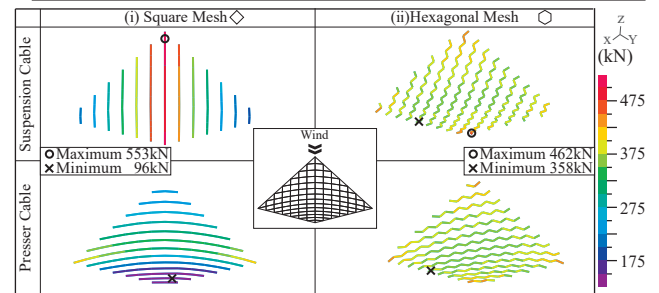


Figure 6. Axial Force Diagram

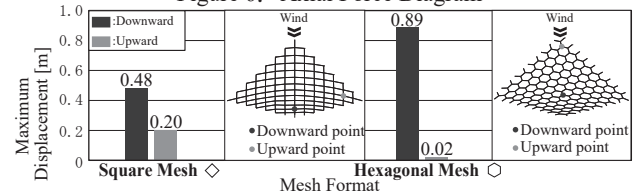


Figure 7. Maximum Displacement

六角形格子で0.89mとなり、六角形格子の下方向の変位が四角形格子の約2倍であることが確認された。以上より、六角形格子は面外方向への剛性が小さく、動的挙動を含めたより詳細な検討が必要であることが示唆された。

4. まとめ

本報では、HP曲面の風圧力特性を把握し、静的数値解析を用いて四角形及び六角形格子で構成されたケーブルネット構造の比較を行った。今後は、動的風応答解析の実施、及び本構造の面外補剛の検討を行う予定である。

参考文献

- [1]松田麻未他:「六角形格子により構成されたHP型ケーブルネット構造の基本的構造特性に関する研究」,日本建築学会大会学術講演会, 構造I, pp.897-900, 2020.9
- [2]日本建築学会:建築物荷重指針・同解説2015年版, 2015.2