

放射型ケーブル屋根構造の力学性状に関する研究
 (その2) 風荷重下における屋根構成の違いが構造挙動に及ぼす影響の把握

Study on Mechanical Properties of Radial Cable Roof Structures

(Part2) Understanding Effect of Different Roof Configurations on Structural Behavior under Wind Loads

○木内一雄⁴, 岡田章¹, 宮里直也¹, 廣石秀造², 鴛海昂³

*Kazuo Kiuchi⁴, Akira Okada¹, Naoya Miyasto¹, Syuzo Hiroishi², Akira Oshiumi³

Abstract: It has been reported that the direction of the wind load on this structure differs between the windward and leeward sides of the roof surface, and considering that the radial cable roof structure is an integrally resistive system, it is necessary to use the wind force data obtained from wind tunnel tests. In (Part 2), a numerical analysis is conducted to understand the effects of the different roof configurations on the mechanical properties under wind loads using wind coefficients calculated from wind tunnel experiments on a circular radial cable roof as previously reported^[2].

1. はじめに

(その1)では、屋根構成の違いが風荷重時の力学性状に及ぼす影響の把握を目的に、一様な吹上荷重を想定した等分布荷重下における検討を行った。一方、鴛海、矢ヶ崎ら^{[1][2]}の風洞実験では、風上・風下側で屋根面の風力分布が異なることが報告されている。

(その2)では、風洞実験により得られた風力データに基づき算出した風荷重を用いて、数値解析による検討を行った。本構造は屋根面が一体となって抵抗する挙動を示すため、本報ではこの抵抗機構を「一体抵抗(系)」と定義し、報告する。

2. 検討事項及び検討モデル概要

既報^[2]の風洞実験より算出した平均風力係数を用いて、風荷重下における屋根構成の違い及びデプス・スパン比、吊材の有無が力学性状に及ぼす影響の把握を行った。放射型ケーブル屋根構造は一体抵抗系であるため、屋根面の風上・風下側の異なる荷重の向きにより、一様な吹上荷重を想定した等分布荷重下での挙動と異なる挙動が予想される。

検討モデル及び境界条件、仕上げ材の取り付け位置は、(その1)と同様とした。

3. 数値解析概要

既報^[2]の風洞実験より得られた平均風力係数をFig.1, 数値解析概要をTable 1に示す。数値解析モデルと解析手法は、(その1)と同様とする。風荷重は、屋根軒高での基準風速41m/sから設計用速度圧1,000N/m²を算出し、平均風力係数と負担面積を考慮して、放射ケーブルの8節点に集中荷重として載荷した。また、風洞実験で直接風力係数を算出できない

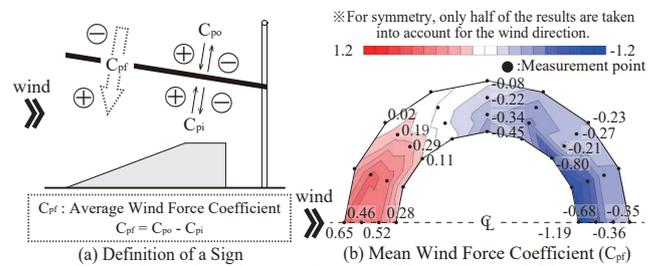


Fig.1 Results obtained from Wind Tunnel Test of Previous Report^[2]

Table 1 Outline of Numerical Analysis

■ Structural Specifications		■ Modeling of tention loss	
Compression Ring	STKN400 φ700.0×16.0	modelA	modelB φ914.4×22.0
Bundle of Steel	STKN400 φ406.4×12.7		φ318.5×10.3
Initial Tensile Force	2,000kN(total of radial cable tensile force)		Multi-pin joint & non-pressure
■ Structural Specifications of the Cable linear non-resistive pressure			
Tension Ring	Structural Locked Coil Rope	modelA	modelB
		8-φ96	4-φ96
Radial Cable	Structural Locked Coil Rope	φ72	
Suspension Cable	Structural Spiral Rope	φ16 (1×19)	
■ Loading condition			
modelA		modelB	
Weight of membrane : 20 [N/m ²]			
• Wind load			
Reference velocity pressure q : 1,000 [N/m ²]			
• Wind coefficient Cp			
• Mean wind force coefficient			
• : Loading point			
※ Considering the loading area, it was loaded as a concentrated load.			

載荷点については、隣り合う測定点の値を直線補間して算出した。初期張力はデプス・スパン比0.3のモデルを対象とした事前検討により、長期及び短期荷重時に張力消失しない軸力を算出し、全モデルに対して長期荷重時に放射ケーブル軸力の合計が2,000kNとなるように、テンションリングに初期張力を導入した。

4. 静的解析結果及び考察

4-1. デプス・スパン比による検討

風荷重載荷時の荷重-放射ケーブル軸力関係、荷重-屋根先端及び中央部の鉛直変位関係をFig.2に示す。Fig.2(a), (b)放射ケーブル軸力に着目すると、

1 : 日大理工・教員・建築 2 : 日大短大・教員・建築 3 : 株式会社日建設計 4 : 日大理工・院(前)

model Aは、風上側は主に上弦材が、風下側は主に下弦材が荷重を負担している。一方、model Bは、上弦材が主に抵抗するが、下弦材も変形の進行に伴い、風荷重に抵抗することが確認された。これは、テンションリングのフープ効果による、屋根の一体抵抗の性能によるものと考えられる。

Fig.2(c), (d)鉛直変位に着目すると、model Aは屋根先端及び中央部に風上・風下側によらずデプスの増加に伴い変位が減少する挙動を示す。しかしmodel Bは風下側でmodel Aと同様の傾向を示す一方で、風上側ではデプスが大きいほど変位が増加することが確認された。これは、model Bはテンションリングが2層あることでフープ効果が大きくなり、デプスが小さいほど風上側で下向きの変形が比較的大きく生じ、この変形に追従して風下側の上向き変形が小さくなるためと考えられる。また、変形はmodel Bよりmodel Aの方が小さいことが把握された。

以上より、両model共に風荷重下において一体抵抗系としての抵抗機構を有しているが、model Aに比べmodel Bの方がより一体性が高いことが把握された。

4-2. 吊材の有無による比較

吊材の有無を検討対象とした、風荷重載荷時の放射ケーブル軸力、屋根先端及び中央部の鉛直変位をFig.3に示す。Fig.3(a)放射ケーブル軸力に着目すると、model Aは吊材有の方が風上側上弦材の軸力が大きくなる傾向にあることから、吊材は上弦材に力を伝達させる効果がある。一方、model Bは上・下弦材の軸力の差が小さくなっていることから、僅かではあるが一体性が確認された。

Fig.3(b), (c)鉛直変位に着目すると、model Aは吊材により風上側の変形が減少していることから、風上側の変形抑制効果があることを確認した。一方、model B吊材有では、屋根先端の変位は吊材無に比べ大きいですが、屋根中央部の変位は小さくなることを確認した。これは、吊材により上・下弦材の変形の一体性が向上したためと考えられる。

以上より、屋根構成によらず吊材の有無により屋根の一体性の向上を見込めることが把握された。

5. まとめ

本報では、風荷重下における屋根構成の違いが屋根の一体性に与える影響について検討を行い、デプス・スパン比の大小及び吊材の有無による変形抑制効果と吊材の有効性について把握した。

6. 参考文献

[1] 鷺海, 他: 「放射型ケーブル屋根構造の強風時の

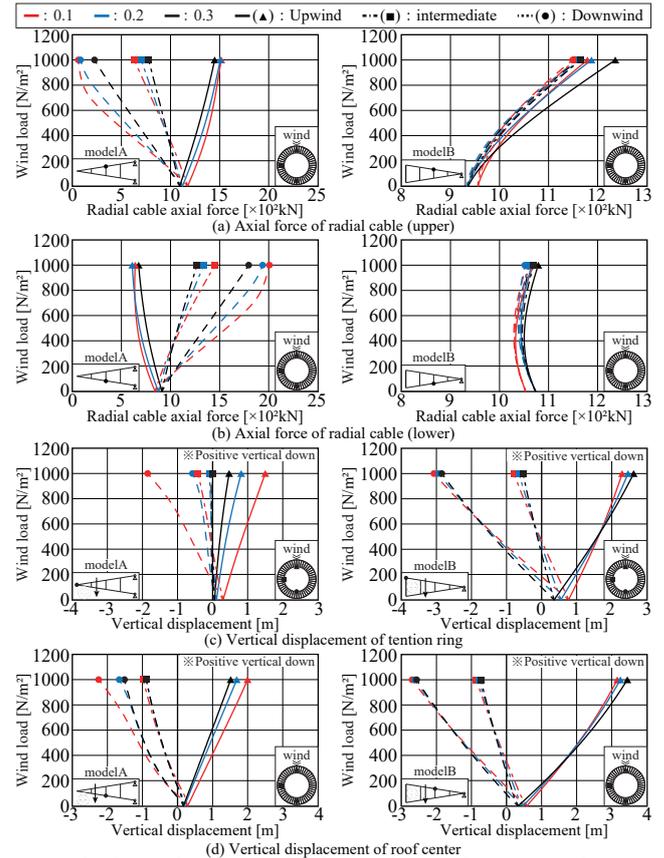


Fig.2 Analysis Results for each Depth Span Ratio

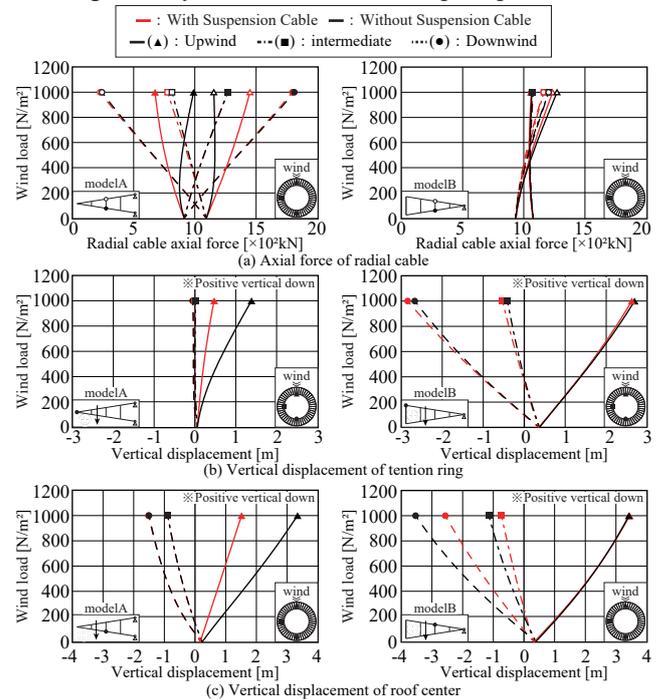


Fig.3 Analysis Results with and without Suspension Cable

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] 矢ヶ崎, 他: 「放射型ケーブル屋根構造の強風時の構造挙動及びガスト影響係数の評価方法に関する研究」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造 I, pp. 891-896, 2020. 9