

I-229 多角形断面を有するケーブルの空力特性

㈱神戸製鋼所 正会員 中西 宏 木下民法 正会員 杉井謙一

1. まえがき

斜張橋ケーブルにレインバイブレーションと呼ばれる異常振動が発生することが知られている。従来より数多くの研究がなされ、その発生原因が議論されてきた。実橋ケーブルにおいては補助ケーブルやダンパーの設置あるいはケーブル自身の空力安定性を増すなど各種対策が講じられている¹⁾²⁾。しかし斜張橋は景観に優れており、補助ケーブル等を取り付けることなくケーブル自身に空力安定性を持たせる方が望ましい。一方、空力安定性を増加させるためにケーブルの形状が複雑になると、製作、施工上の取扱いが困難となる。

本研究においては、この異常振動の制振対策として、製作および施工時の取扱いやすさを考慮した上で空力安定性に優れ、レインバイブレーションの原因の一つである降雨の影響をうけない形状として、多角形断面を有するケーブルを提案し、その空力特性を検討した。

2. 二次元静的空気力係数

多角形断面のうち、6, 8, 10角形柱の二次元静的空気力係数を測定した。各多角形柱における迎角、空気力係数の定義を図1に示す。測定した抗力(F_D)、揚力(F_L)より風と直角方向の空気力(F_y)を算出し、Den-Hartogの判定条件に基づいて空力安定性の検討を行った。計測結果を図2に示す。

6角形においてはギャロッピングの発生することが知られており³⁾、測定の結果データのばらつきがあるものの、 $\eta=0^\circ$ 付近で $\partial C_y / \partial \eta < 0$ となる傾向にあり、空力的に不安定である可能性が示される。8, 10角形については $\eta=10^\circ$ 付近にわずかな負の勾配を示す領域が認められるものの、全体的には勾配は正であり、空力的に安定であると予想される。

3. 傾斜多角柱の空力応答

レインバイブレーションは風に対するケーブルの三次元的な傾斜姿勢と、降雨により生成される水路による断面形状の変形を原因とする異常振動であるため、多角柱を傾斜姿勢に支持し空力応答特性を測定した。図3に実験装置の概要および風に対する傾斜角の定義を示す。図4に $\alpha=\beta=45^\circ$ に支持した場合の各多角柱の風速に対する最大振動振幅の関係を示す。同図中には同じ傾斜姿勢に支持し、人工の水路を取り付けた円柱の応答特性も示した。多角柱の場合、風速の増加に伴い若干振幅の増加している場合もあるものの、人工水路付円柱に比べれば振幅は小さく、制振効果の高いことがわかる。また傾斜多角柱について、水平偏角のみを $0^\circ \sim 45^\circ$ の範囲で変化させ、実験を行ったうちの最大振幅を各断面形状ごとに比較した結果を図5に示す。多角形の吊り方には面を真上にした場合と角を真上にした場合があり、最大振幅に違いがあるものの全体的に見ると、8角柱の振動振幅が最も小さく制振対策として有効であることが示された。

降雨の影響を調べるために傾斜8角柱($\alpha=\beta=45^\circ$)の上端から水道水を供給しながら風速と振動振幅の関係を測定した。ケーブル表面を流れ落ちる水路は水の流量、風速によらず必ずコーナー部の背後に固定され多角柱上の流れの剝離位置に影響を及ぼさないことがわかった。またこの条件下で振動振幅の測定を行っても(図6)雨無しの場合と比較して振動を促進するような効果のないことが明きらかとなった。

4. まとめ

斜張橋に発生するレインバイブレーションの制振対策として多角形断面を持つケーブルを提案し、風洞実験を通じてその空力特性を検討し、

- 二次元空気力係数の測定結果より8, 10角形柱は空力的に安定であることがわかった。
- 傾斜多角柱が人工水路付円柱に比べて制振効果に優れており、特に8角形が有効であることを確かめた。
- 多角柱が降雨により空力的に影響を受けないことを確認した。

現在、本件に関する追加実験中であり、結果は当日発表予定である。

参考文献

1) 樋上: 斜張橋のRain Vibration, 日本風工学会誌, No. 27, 1986
2) 松本ら: 斜張橋ケーブルの空力振動に関する研究,
土木学会論文集, No. 416, 1990
3) 横山ら: 斜張橋の大形化に対するケーブルの振動と
その防止対策, 三菱重工技報, Vol. 14, No. 3, 1977

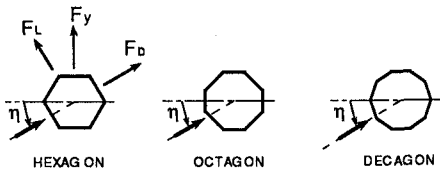


Fig. 1 Definition of attack angle and aerodynamic forces.

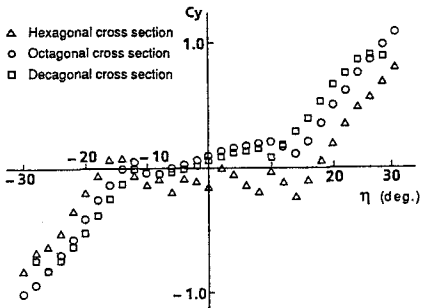


Fig. 2 Aerodynamic coefficient functioned by attack angle on various polygonal cylinders.

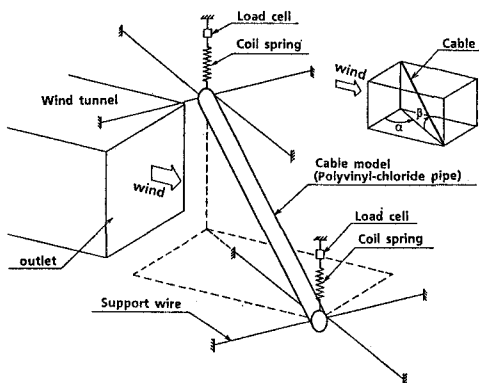


Fig. 3 Experimental set-up of inclined cable.

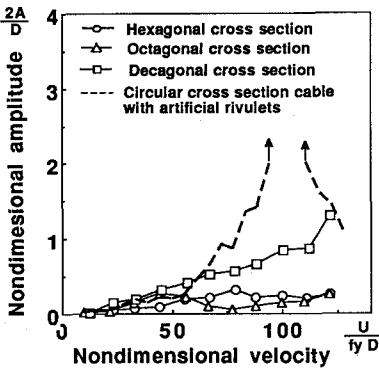


Fig. 4 Amplitude vs. velocity diagram for various polygonal cables at the same inclination as circular cable.

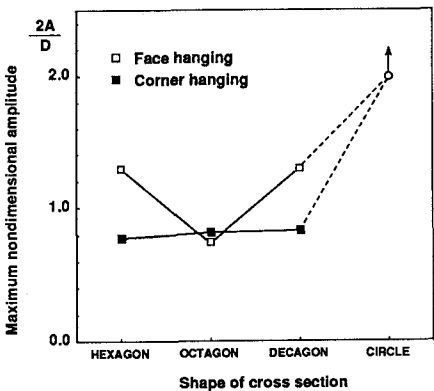


Fig. 5 Comparison among maximum amplitude of each polygonal cable.

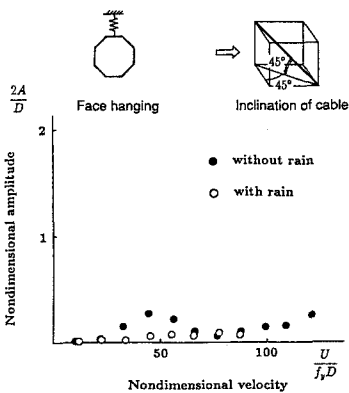


Fig. 6 Effect of raindrop about inclined octagonal cable.