# 種々の偏角を有するケーブル表面圧力特性と斜張橋ケーブルへの適用

横浜国立大学 学生会員 ○湯本 光 横浜国立大学 フェロー会員 勝地 弘 横浜国立大学 フェロー会員 山田 均

# 1. はじめに

斜張橋ケーブルは構造減衰が小さい部材であるため、レインバイブレーションやドライギャロッピングなどの空 力振動現象が発生しやすく、これらの振動現象はケーブルの風に対する角度である風向偏角の影響を受けると考え られる.振動発現メカニズムの検討にあたっては、振動応答よりも作用空気力を分析するのが適切と考えられる. そこで、本研究では、風洞実験によって風向偏角を変化させたケーブル表面圧力の系統的な調査を行い、得られた 表面圧力特性の分析を行い、また、レインバイブレーションの発現に影響する水路形成位置との関係について検討 する.

#### 2. 実験概要

実験模型には表面加工無の滑面ケーブル(長さ:1500mm,直径:150mm)とインデントケーブル(長さ:1500mm, 直径 105mm)を使用し、両ケーブル共に中央断面に 15°ピッチで 24 個の圧力孔が配置されている.また端部には 模型と同程度の直径を持つダミー模型を設置することで端部影響の緩和を図った.実験条件として、サンプリング 周波数 200Hz,計測データ数 8192×3 回にて各偏角で計測を行い、風向偏角φは風の流れ方向に模型が直角な状態 を 0°として、0°から 70°の範囲で 10°刻みで変更し、風速は 5m/s から約 35m/s まで 2.5m/s 刻みとした.

### 3. 表面圧力特性

求められた表面圧力分布を図 1 に示す.よどみ点において圧力 が最大となり,円周風下にゆくにつれ負圧となり剥離が発生し,そ こから背面に向かって圧力が回復する分布を示している.ここで, 風向偏角  $\phi$  毎に平均圧力係数 C<sub>P</sub>と円周角  $\theta$  の関係を図 2 に,変動 圧力係数 C<sub>P</sub>'と $\theta$ の関係を図 3 に,抗力係数 C<sub>D</sub>とレイノルズ数 Re の関係を図 4 に示す.図 2 から,大きさは異なるがすべてのパタ ーンで前述したような流れの圧力分布をしていることが分かる.図 3 の C<sub>P</sub>'を見ると滑面ケーブルの $\phi$ =30°,40°において $\theta$ =75°付 近に卓越した変動が見て取れ,これは図 4 における臨界レイノル ズ数域と一致している.一方,インデントケーブルは C<sub>P</sub>'が比較的



小さく安定していると考えられる. 図 4 から滑面ケーブルの $\phi=20^\circ$  以上とインデントケーブルの全ての $\phi$ で抗力

係数が急減し、臨界レイノルズ数域に達していると考えられる.また、この臨界レイノルズ数はφの増加に伴って 低下していることが見て取れる.



図 2 平均圧力係数 C<sub>P</sub>(左:滑面ケーブル・Re=3.00×10<sup>5</sup>,右:インデントケーブル・Re=2.10×10<sup>5</sup>)

キーワード 斜ケーブル,インデントケーブル,風洞実験,表面圧力,剥離角度 連絡先 〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 横浜国立大学都市イノベーション研究院 TEL045-339-4041



図 3 変動圧力係数 C<sub>P</sub>'(左:滑面ケーブル・Re=3.00×10<sup>5</sup>,右:インデントケーブル・Re=2.10×10<sup>5</sup>)



図 4 抗力係数 C<sub>D</sub>(左:滑面ケーブル,右:インデントケーブル)

### 4. 剥離角度と水路形成位置

本実験から求められた剥離角度と,既往の研究<sup>1)</sup>で計 測された水路形成位置を比較する.本研究において剥離 角度は 15°ピッチの圧力孔において計測されたデータ の中で,ケーブル上面側( $\theta = 90^{\circ}$ 側)の負圧が最大と なっている角度として定義しており(図 1 参照),水路 形成位置は傾斜角  $\alpha$ ,水平角  $\beta$  を変更して計測したもの で,剥離角度との比較のため次式を用いて相対角度  $\beta$ \* に換算している.これらの剥離角度と水路形成位置との 関係を図 5 に示す.





図 5から偏角の上昇に伴って、剥離角度は上昇しているが水路形成位置は低下していることが見て取れ、このことから特定の範囲でのみ剥離角度と水路形成位置が一致することが分かる.また、レインバイブレーションの発現 領域において剥離角度と水路形成位置が一致しており、これらが一致する範囲でレインバイブレーションが発生し やすいことが考えられる.

# 5.まとめ

偏角を有するケーブルの表面圧力特性を調査した結果,抗力係数,臨界レイノルズ数は風向偏角 φの増大に伴っ て低下することが分かった.また剥離角度と水路形成位置の関係とレインバイブレーションの発生について検討し たところ,剥離角度と水路形成位置は特定の範囲でのみ一致し,その範囲においてレインバイブレーションは発現 しやすいことが確認された.

# 参考文献

1) H. Katsuchi, H. Yamada, I. Sakaki, E. Okado, Wind-Tunnel Investigation of the Aerodynamic Performance of Surface-Modification Cables, Engineering, Vol.3, Issue 6, pp.817-822, 2017