

斜張橋ケーブルのRain Vibration発生メカニズムに関する研究

京都大学工学部 正員 松本 勝 京都大学工学部 正員 白石成人
 京都大学工学部 正員 白土博通 三菱重工業(株) 正員 平井滋登
 京都大学大学院 学生員 佐野祐一 京都大学大学院 学生員 〇桂 一詞

1. まえがき これまでの研究から、Rain Vibrationは、降雨時にケーブル表面に水路が形成されることによって、ケーブル断面が空力的に不安定化することによるだけでなく、斜張橋ケーブル自体が風に対して空力的に不安定な位置関係にあることが重要な要因となり発生しているものと考えられる。¹⁾ これは、実橋において、降雨時やその直後に振動が見られるだけでなく、安治川橋梁や荒津大橋のようにその最大振幅が霧雨時に報告されている²⁾³⁾ ことと一致しているものと思われる。

しかし、その詳しい発生機構については、依然として不明な点が多い。そこで、本研究では、Fig1に示す様に支持されたケーブル模型を用い、水路の有無、水路の位置、風向偏角、気流の乱れの大小等の条件を変え、風洞実験を行うことにより、水路付き傾斜円柱の空力不安定性と、実際のケーブル振動とのつながりを明確にし、その振動発生機構を考察するものである。

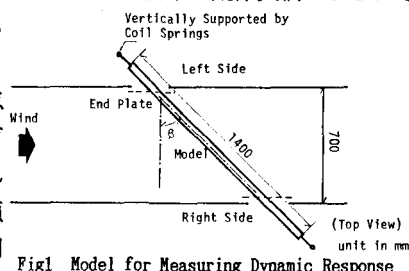


Fig1 Model for Measuring Dynamic Response

2. 実験結果および考察

①水路の有無 風向偏角(以下 β)を 45° に固定した場合、Fig2に示す通り人工水路を設けないケーブルのみの模型では、一様流中では定常振動が得られるが、乱流中では得られていない。しかし、人工水路を $\theta=72^\circ$ 設けた条件では(Fig3)、一様流、乱流中ともに定常振動が得られ、更に乱流中に於いては発現風速が一様流中よりも低くなる傾向にある。また、 $\beta=45^\circ$ 水路無しでは上流側と両端に端板を設けると一様流、乱流中とも定常振動が得られなかった。しかし、水路付の場合は上流側に端板を設けた場合にも一様流中でハードタイプ、乱流中で限定型の応答振動が得られた。上流側端板とフィンの後流側に11枚取り付け付けた場合にも同じ様な結果が得られた。更に、 $\beta=0^\circ$ に支持し、両端に端板を設けることによって軸方向流を完全に制御した場合においても、 $\theta=63^\circ$ に水路を設けると、一様流、乱流中共に限定型と発散型の二つのタイプの混成型の振動が得られた。(Fig4)

②水路位置と風向偏角との関係 $\beta=0^\circ, 17.5^\circ, 35^\circ, 40^\circ, 45^\circ$ と変化させ、それぞれの角度について定常振動の得られる水路位置 θ を求めたところ、Fig5に示す様な

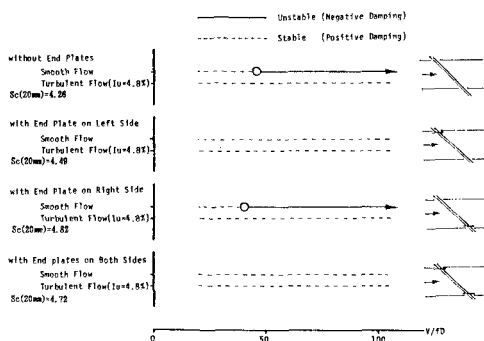


Fig2 Response for Yawed Cable without Water Rivulet ($\beta=45^\circ, 2\eta=20\text{mm}$)

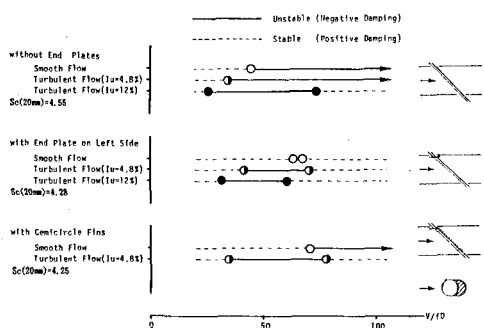


Fig3 Response for Yawed Cable with Water Rivulet ($\beta=45^\circ, 2\eta=20\text{mm}$)

Masaru MATSUMOTO Naruhito SHIRAISHI Hiromichi SHIRATO Shigeto HIRAI Yuichi SANO
 Kazunori KATSURA

結果が得られた。 $\beta=35^\circ$ 、 $\theta=72^\circ$ の場合、一様流中で無次元風速(V/fD)40付近をピークとした非常に発現風速域の狭い限定型定常振動がみられ、 $\beta=40^\circ$ 、 $\theta=72^\circ$ では、 $\beta=0^\circ$ 、 $\theta=63^\circ$ と同様に限定型振動と発散型振動が両方認められた。これらの結果をまとめると、水路を設けた場合に発生する振動は、無次元風速40~50付近の限定型振動とそれ以上で発生する発散型振動とに分離して考えることができ、限定型が発散型に含まれた場合も存在する。空力的に不安定となる水路の位置は水平偏角 β によって変化する。

③スクルートン数の効果 混成型振動の得られた $\beta=40^\circ$ 、 $\theta=72^\circ$ で、スクルートン数を2.43、10.30、26.27と変化せ、一様流中のみについて実験した結果(Fig6)、限定型の振動については Sc 数が大きくなっても発現風速は変化せず(無次元風速40~50)、振幅が減少した。発散型の振動についてはスクルートン数が大きくなるにつれ、次第に発現風速が高くなり、 $Sc=26.27$ で発散しなくなった。つまり、発散型はスクルートン数が大きくなるにつれて発現風速が高くなり、限定型は振動のピークは変化せず振幅が減少するといえる。

3. 結論

①Rain Vibration発生の主要因としては、1)ケーブルが気流に対して偏角を持つ効果 2)ケーブル表面に水路が形成される効果の2つが考えられ、それぞれ単独でも振動は発生するが、実橋ではこの2つの要因が重なり、その相乗効果により振幅の大きな振動を発生する。

②風向偏角に対して振動の発生しやすい水路位置が存在する。

③水路の影響によって発生する振動は、上記で述べた渦励振に似た限定型振動と、発散型振動との混成振動と思はれる。また、前者は、はスクルートン数が増加しても発現風速には変化がみられず、応答振幅が小さくなる。しかし、後者については、スクルートン数が増加するにしたがって発現風速も高くなる。

(参考文献)

- 1) 松本 勝, 白石成人, 北沢正彦, 辻井正人, 平井滋登, "傾斜円柱の空力振動特性", 第10回風工学会シンポジウム論文集, 1988.
- 2) K. Ohshima, M. Nanjo: "Aerodynamic stability of the cables of a cable-stayed bridge subject to rain (a case study of the Ajigawa bridge)", Proceeding of US-Japan Joint Seminar on Natural resources, 1987.
- 3) 吉村 健, 田中千秋, 佐々木伸幸, 中谷信二, 比嘉 智, "Rain-wind induced vibration of the cables of the Aratsu bridge", 第10回風工学シンポジウム論文集, 1988.

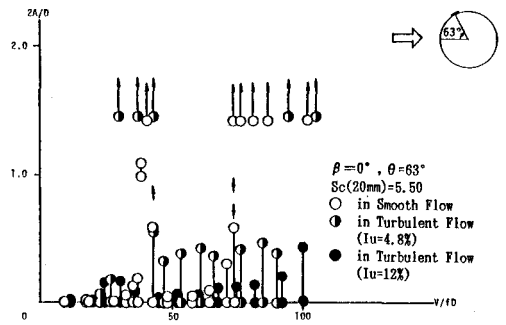


Fig4 Velocity-Amplitude Diagram ($\beta=0^\circ$, $\theta=63^\circ$)

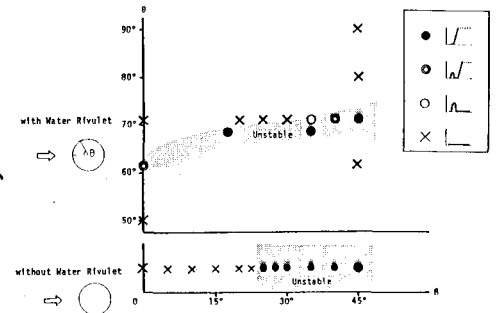


Fig5 Unstable Region for Yawed Cable (Smooth Flow)

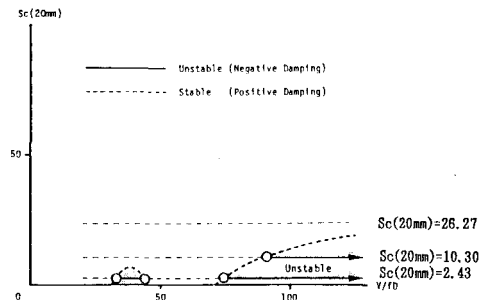


Fig6 Effect of Scruton Number on Response for Yawed Cable ($\beta=40^\circ$, $\theta=72^\circ$, Smooth Flow)