

I - 544

軸平行突起付きケーブルの空力振動現象に関する基礎的研究

京都大学大学院 学生員 藤井大三

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

ハザマ 正 員 山岸 稔*

京都大学大学院 学生員 青木 淳

(* 研究当時 京都大学大学院)

1.はじめに 斜張橋のケーブルは構造減衰が小さく非常に振動しやすい構造要素であり、その振動現象の中でも、特に、レインパイプレーションは振動振幅が大きいことや頻繁に起こることよりその効果的な制振対策が要請されている。その発生の主要因としては、1)断面背後に存在する軸方向流れ 2)ケーブル表面に形成される水路の2つが考えられ、実橋ではこれらが複雑に重なり振動が生じていると考えられている¹⁾。

軸平行突起付きケーブル²⁾は、レインパイプレーションに対しては、水路の形成を防止することにより制振効果を発揮する。本研究では、軸平行突起付きケーブルの雨を伴わない強風時の振動現象（雨なし振動）に関して、主に風洞実験によって検討を試みた。

$$\beta^* = \arcsin(\cos \alpha \cdot \sin \beta)$$

2.ケーブルの姿勢と振動方向 ケーブルの風に対する姿勢は、図-1の鉛直傾斜角 α 、水平偏角 β によって決定される。図-1中に定義された相対水平偏角 β^* を等しくすれば、ケーブルの風に対する姿勢は相対的に同じになる。また、図-1のPlane π に対して直角方向に振動方向 γ をとると最も振動が不安定となるため、本研究ではその方向を振動方向とした。

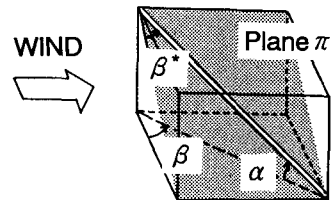
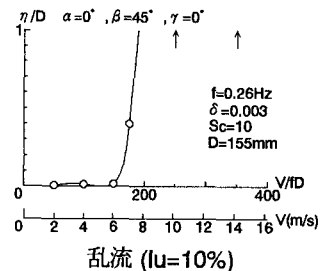


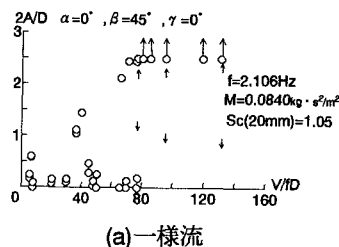
図-1 ケーブルの姿勢

図-2 軸平行突起付きケーブルの風速応答図⁵⁾

3.渦放出の3次元性 渦放出の3次元性、すなわち、模型後流域での渦放出がスパン方向に複雑に変化し、それらの位相がスパン方向に揃うと放出周波数の低い大きな渦の放出が起こるという特性は、弾丸型断面の模型を用いた実験においてBearmanらによって確認されている³⁾。また、水平偏角 $\beta=0^\circ$ の円柱ケーブル模型の後流域変動流速測定において渦放出周波数の2つのピークの存在が観測されており、円柱ケーブルについても渦放出の3次元性が確認されている⁴⁾。

4.軸平行突起付きケーブルの応答特性 ある長大斜張橋に関する風洞実験で、軸平行突起付きケーブル ($Sc=10$) が、雨なし時、高風速乱流中 ($Iu=10\%$) で不安定化したとの報告がなされている(図-2)⁵⁾。そこで断面周りに 30° 間隔に12個の矩形突起を付けた円柱ケーブルの風速応答振幅測定を行った。Rolling振動拘束をしてHeaving振動のみが生じるようにセットした軸平行突起付きケーブル ($Sc=1$) の一様流中、乱流中 ($Iu=12\%$) での応答を図-3(a)(b)に示す。模型の姿勢は、この長大斜張橋に関する風洞実験と同じ $\alpha=0^\circ$ 、 $\beta=45^\circ$ とした。図-4

は、模型姿勢が $\alpha=0^\circ$ 、 $\beta=45^\circ$ の突起の付いていないケーブルの一様流中での応答である。図-3(a)と図-4を比較すると、軸平行突起付きケーブルでは無次元風速 $V/fD=40$ で風速限定型振動が生じていることがわかる。限定型振動は渦放出の3次元性に起因する⁴⁾と考えられていることか



(a)一様流

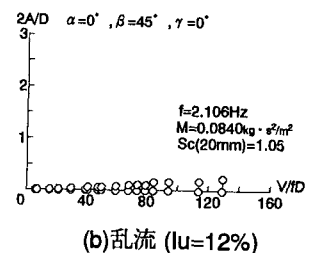
(b)乱流 ($Iu=12\%$)

図-3 軸平行突起付きケーブルの風速応答図

図-3(a)と図-4を比較すると、軸平行突起付きケーブルでは無次元風速 $V/fD=40$ で風速限定型振動が生じていることがわかる。限定型振動は渦放出の3次元性に起因する⁴⁾と考えられていることか

ら、ケーブルに軸平行突起を付けることによりその渦放出の3次元性が強められるものと考えられる。一方、図-3(b)より、乱流中では振動は抑制されていることがわかる。図-2のような高無次元風速域で測定を行っていないため、この結果と長大斜張橋に関する実験の結果との対応はとれていないが、適度な乱れ強さの乱流によって渦放出の3次元性が強められる⁴⁾ことから、乱流中においてもその特性が強められる可能性があるものと考えられる。また、模型姿勢が $\alpha=0^\circ$, $\beta=45^\circ$ のRolling振動拘束なしの軸平行突起付きケーブルの一樣流中での応答を図-5に示す。この図より軸平行突起付きケーブルでは高無次元風速で激しいRolling状の振動が生じていることがわかる。また、図は示していないが乱流中ではその振動は抑制されている。

5. 後流域変動流速スペクトル測定

模型姿勢が $\alpha=45^\circ$, $\beta=90^\circ$ の軸平行突起付きケーブルを固定した状態で、その後流域変動流速スペクトルを測定した。図-6(a)(b)に一樣流中、乱流中($I_u=8.2\%$)でのスペクトルを示す。図-6より、カルマン渦の放出周波数成分と考えられる広帯域のスペクトルは、一樣流中と比較して、乱流中で低下し、低周波数成分は若干一樣流中より盛り上がっている。このことより、渦放出の3次元性が強められた可能性を有するものと考えられる。

6. 結論(1)軸平行突起付きケーブルは、 $V/fD=160$ より低い無次元風速では、乱流によって振動は安定化するが、その断面形状は渦放出の3次元性を強める可能性があるものと考えられる。

(2)ケーブル振動は、従来の風速限定型、発散型のHeaving振動に加えてRolling振動も存在する可能性が強く、これに対しては今後詳細に検討する必要があるものと考えられる。

謝辞 本研究の遂行にあたり多大なるご協力を頂いた京都大学工学部、白土博通助手、京都大学大学院、奥寺健彦氏に深く感謝致します。

参考文献1)松本ら, "斜張橋ケーブルのRain Vibration発生機構における二つの要因についての考察", 第11回風工学シンポジウム論文集, 1990.

2)松本ら, "風雨条件下のケーブル振動現象に関する考察", 第10回風工学シンポジウム論文集, 1988.

3)Bearmanら, "The Effect of Three-Dimensional Imposed Disturbances on Bluff Body Near-Wake Flow", 1992.

4)松本ら, "斜張橋ケーブルのRain Vibration, 特に風速限定型振動に関する基礎的研究", 土木学会第48回年次学術講演会論文集, 1993.

5)本州四国連絡橋公団海洋架橋委員会, "本州四国連絡橋の海洋架橋技術に関する調査研究耐風報告書", 1993.

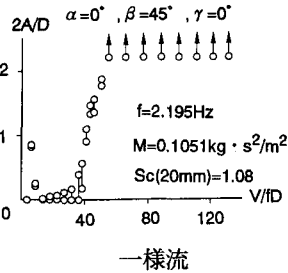


図-4 ケーブルの風速応答図

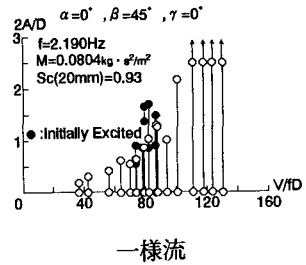


図-5 軸平行突起付きケーブルの風速応答図(Rolling振動拘束なし)

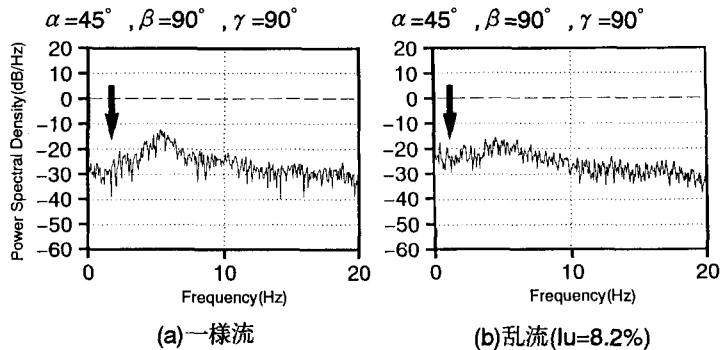


図-6 後流域変動流速スペクトル