

斜張橋の実ケーブルを模擬したドライギャロッピングに関する実験的検討

IHI 正会員 ○山内 邦博
IHI 検査計測 正会員 上島 秀作

1. 目的

斜張橋ケーブルのドライギャロッピングは、実橋においてもその発現が疑われる事例がいくつか報告されており、振動現象を解明するための研究が進められている¹⁾。同じ空力振動である渦励振やレインバイブレーションとは異なり、国内の設計基準では採るべき対策が明らかにされておらず、海外のPTIの指針²⁾やFHWAの報告書³⁾が参考にされているのが現状であるが、振動を抑制可能な対策については不明な点が多い。

実橋で観測されたドライギャロッピングと思しき振動現象を再現し、減衰付加及び空力対策による振動抑制効果を確認することを本研究の目的とする。

2. 実験概要

実橋の諸元を参考に実物大のケーブル模型を製作して、NRC(オタワ)の3m×6m風洞でバネ支持実験を実施した。実ケーブルに合わせて、模型は外径がD=219mmのHDPE管とし、単位長さあたりの模型重量がおよそ75kg/mとなるように調整した鋼製の芯材を模型の内周に密着させた、剛な模型とした。模型長はL=6687mm、バネ等を含めた総重量は492.8kg、アスペクト比はL/D=30.5である。模型は、上端をワイヤで建屋の梁から吊下げた状態で、上下4本ずつのコイルバネを用いてheave方向とsway方向の2自由度で、両方向の振動数が1.2Hz程度で一致するように支持した。模型のセットアップ状況をFig.1に示す。

Fig.2に示す実ケーブルの傾斜角 θ 、風向角 β から算出される、風洞実験における模型の傾斜角 ϕ 及びコイルバネの回転角 α (ケーブル軸と風向が成す平面と、heave方向のコイルバネが成す角)をTable 1に示す。



Figure 1: Model of the smooth cable in Wind Tunnel.

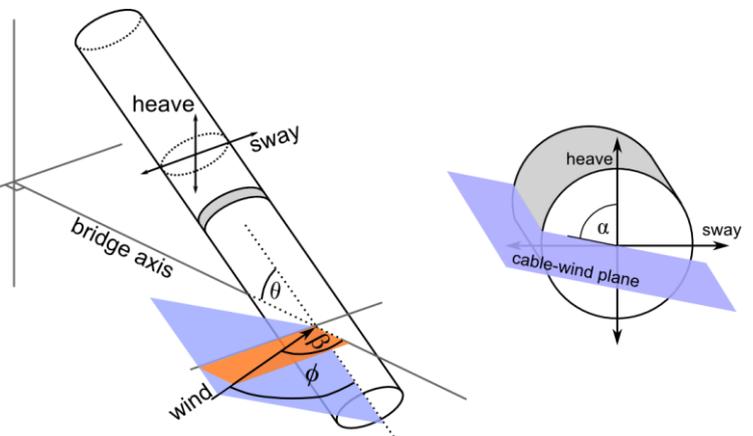


Figure 2: Definition of the geometric angles.

Table 1: Relationship between model and field conditions.

Model conditions		Field conditions	
Inclination	Spring rotation	Inclination	Wind angle
ϕ	α	θ	β
70°	-81°	24°	68°

キーワード：斜張橋，ケーブル，ドライギャロッピング

連絡先：〒235-8501 横浜市磯子区新中原町1番地 IHI 基盤技術研究所 熱・流体研究部 TEL. 045-759-2868

減衰パラメータ (スクルートン数, Sc) は, 模型の単位長さあたりの質量 m , 構造減衰 δ , 空気密度 ρ , ケーブル径 D を用いて, 以下の式で定義した.

$$Sc = \frac{2m\delta}{\rho D^2}$$

Fig. 3 に標準ケーブル (表面に加工を施さない HDPE 管) の実験結果を示す. $Sc=24$ の場合, 風速 $U=14\text{m/s}$ ~ 18m/s における heave 方向の大きな振動と, $U>30\text{m/s}$ で生じる振動が確認された. ダンパーで減衰を負荷することで $U>30\text{m/s}$ で生じる振動は完全に抑制された一方で, $U=18\text{m/s}$ 付近の振動は応答振幅が低減されるものの, 完全に抑制することはできなかった. 別途実施した風荷重計測結果から, $U=18\text{m/s}$ 付近の応答は抗力が急減して定常揚力が発生する臨界 Re 数付近で生じ, $U>30\text{m/s}$ の応答は抗力が低減した後の超臨界 Re 数域で生じていることが確認された. 既往研究¹⁾で分析されている2種類のギャロッピングが, 本実験で再現されたものと考えられる.

Fig. 4 に, 振動対策としてヘリカルリブ (外形 5mm の円形のリブを, 螺旋状に2重で巻付けたもの) を取付けたケーブルの実験結果を示す. $Sc=21$ でも十分な振動抑制効果が得られており, ギャロッピング対策として有望であると考えられる.

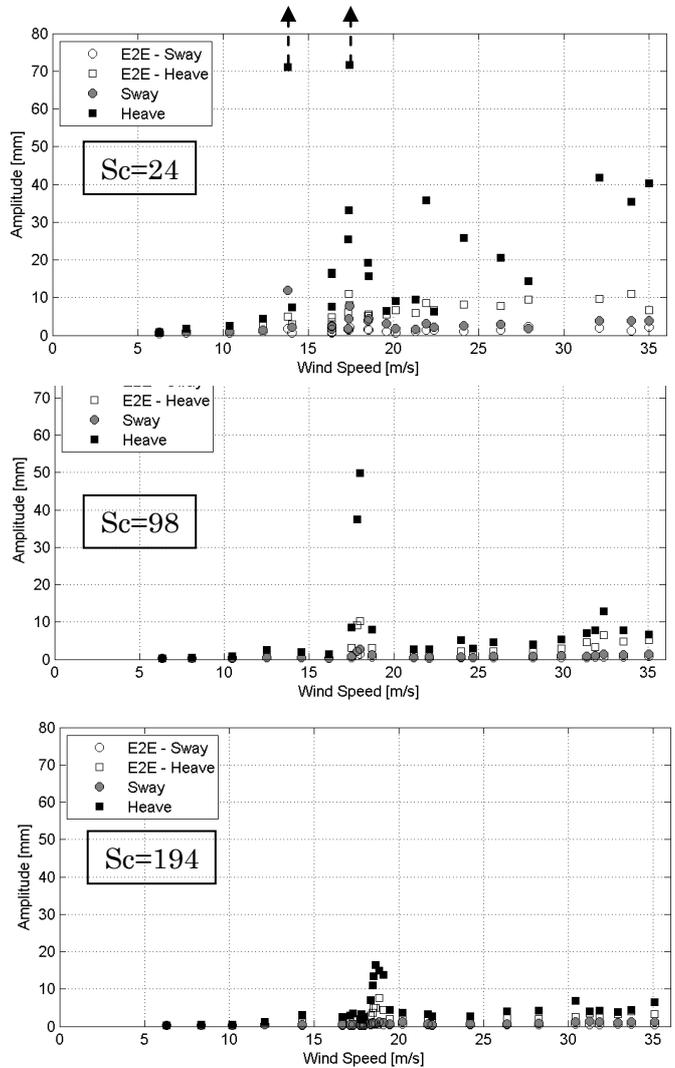


Figure 3: Test Results of the smooth cable.

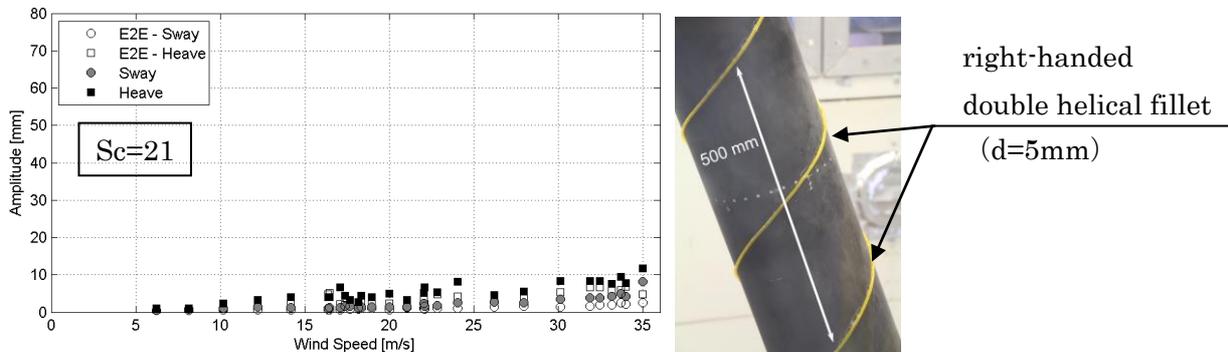


Figure 4: Test Result of the cable with helical fillet.

3. まとめ

斜張橋の実ケーブルを模擬した風洞実験を実施して, 減衰付加では完全に抑制することが困難な, ドライギャロッピングと思しき振動現象の存在を確認した. ヘリカルリブが対策として有望であるが, 対策の効果を明らかにし, 振動現象を解明するためには, 更なる検討が必要である.

参考文献

- 1) Masaru Matsumoto, Tomomi Yagi et.al., “Dry galloping characteristics and its mechanism of inclined/yawed cables”, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Volume 98, Issues 6–7, June–July 2010, Pages 317–327
- 2) Post-Tensioning Institute: “Recommendations for stay cable design, testing and installation”, fifth edition, 2007
- 3) Federal Highway Administration: “Wind-Induced Vibration of Stay Cables”, FHWA-HRT-05-083, 2007