

断面比B/D=1.18のトラス橋斜材の空力弾性振動

九州工業大学大学院 学生会員 ○玉井佑典 正会員 松田一俊 正会員 加藤九州男
 (株)横河ブリッジ (研究当時九州工業大学大学院) 非会員 三澤恭平
 大和ハウス工業(株) (研究当時九州工業大学) 非会員 池田 樹

1. はじめに

平成 21 年長崎県生月大橋 P6 橋脚付近の北側斜材部にき裂が発見された。その後の調査結果から主原因はカルマン渦励振とされたが、より低い 7~8m/s の風速域においても振動が観測された¹⁾。

従来、断面比 B/D=2~8 の矩形断面において、自己励起型渦励振が発現することが報告されている²⁾が、検討対象斜材の断面比は 1.18 である。著者らは、ばね支持風洞実験でその空力弾性振動を確認した³⁾が、本稿ではさらに非定常空気力特性および流れの可視化の面から検討を加えた結果について報告する。

2. 風洞実験概要

検討対象の断面形状を図 1 に示す。模型は、ばね支持実験用(縮尺 1/5.6)、ストローハル数計測用および非定常空気力計測用(縮尺 1/4)、流れの可視化用(縮尺 1/12.5)の 3 種類を用いた。風洞実験は九州工業大学および(株)IHI の各風洞にて実施された。

3. 応答特性

図 2 にばね支持実験結果³⁾を示す。自己励起型渦励振の発現無次元風速²⁾は、 $V_r=1.67B/D=1.67 \times 1.18=2.0$ で算出されるが、本実験においてもその風速付近から振動が発現している。一方、図 3 から求めたストローハル数 $St=0.124$ の逆数は、カルマン渦励振の無次元発現風速となる。すなわち $V_r=1/St=8.1$ となり、この無次元風速付近から発現している振動はカルマン渦励振と判断できる。ただし、スクルートン数が $Sc=1.32$ と小さいことから、風速の上昇と共にカルマン渦励振からギャロッピングに移行している。

4. 非定常空気力係数

鉛直たわみ強制加振時に作用する非定常空気力は、次式で表現される。

$$L = \pi \rho D^3 \omega^2 \left\{ \left(C_{L\eta R} + i C_{L\eta i} \right) \frac{\eta}{D} \right\} \quad (1)$$

ここで、 L : 単位長あたり非定常空気力(非定常揚力) [N/m], ρ : 空気密度 [kg/m³], ω : 強制加振円振動数 [rad/s], $C_{L\eta R}$, $C_{L\eta i}$: 非定常空気力係数, η : 鉛直加振振幅 [m], D : 模型高さ [m]

非定常空気力係数のうち速度比例項である $C_{L\eta i}$ が正值の場合、空力的に不安定であることを意味する。図 4 に加振振幅を変化させたときの $C_{L\eta i}$ を示す。自己励起型渦励振風速域およびカルマン

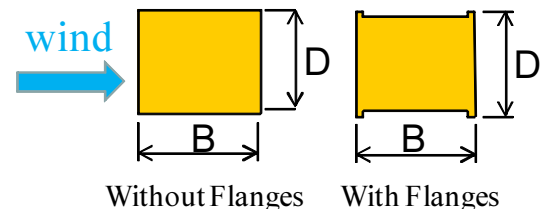


図 1 トラス斜材模型断面図 (B/D=1.18)

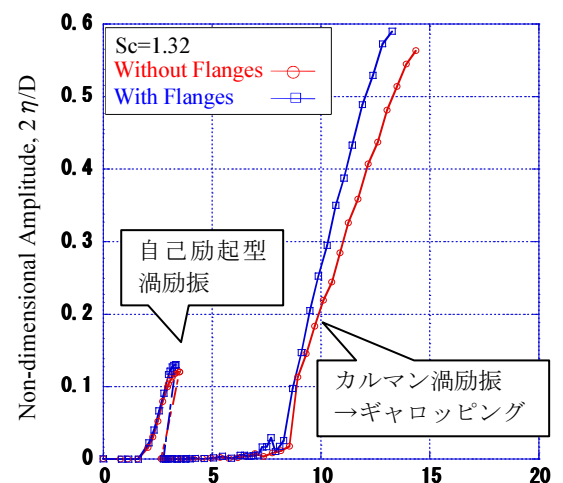


図 2 応答特性 (迎角 0 度)

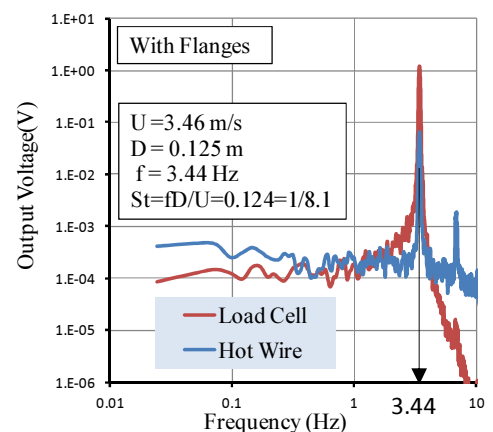


図 3 ストローハル数 (フランジ有, 迎角 0 度)

キーワード トラス橋斜材, 風洞実験, 自己励起型渦励振, カルマン渦励振, 非定常空気力, 流れの可視化
 連絡先 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 九州工業大学 TEL (093) 884-3466 FAX (093) 884-3100

渦励振風速域における $CL_{\eta i}$ は、正值となっており図2の応答特性と対応している。このことは $B/D=1$ 矩形断面の非定常空気力係数 H_1^* が $Vr=1/St$ 付近で正值となることを確認した八木ら⁴⁾の結果と同様の傾向にある。また加振振幅が大きくなるにつれて自己励起型渦励振風速域の正值の範囲が高風速域に移行する傾向も図2の応答特性と一致している

5. 流れの可視化

表1にスモークワイヤー法による高速度カメラを用いた断面まわりの流れの可視化結果を示す。模型強制加振時において模型上下面を流下する自己励起渦が生成されていることが確認できた。同風速における模型静止時の可視化結果も示したが、この場合はカルマン渦のみが生成されている。

6. まとめ

今回の非定常空気力計測および流れの可視化実験の結果、生月大橋斜材の風による空力弾性振動のうち、カルマン渦励振よりも低風速領域で発現した振動は、自己励起型渦励振の可能性が高いことが推察される。

謝辞

ストローハル数計測および非定常空気力計測に関しては、株式会社 IHI 上島秀作氏、山内邦博氏に多大なご協力をいただいた。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 中村, 新富, 田中, 西川, 奥松: 生月大橋の風況調査, 土木学会第 67 回年次学術講演会講演概要集, I-323, 2012.
- 2) 白石, 松本: 充腹構造断面の渦励振応答特性に関する研究, 土木学会論文報告集, 第 322 号, pp. 37-50, 1982.
- 3) 原田, 久富, 松田, 加藤: トラス橋斜材の対風応答特性に関する実験的検討, 土木学会第68回年次学術講演会, I-491, 2013.
- 4) 八木, 新庄, 成田, 中瀬, 白土: 矩形断面のギャロッピング不安定性と渦放出の関係について, 構造工学論文集 Vol. 59A, pp. 552-561, 2013.

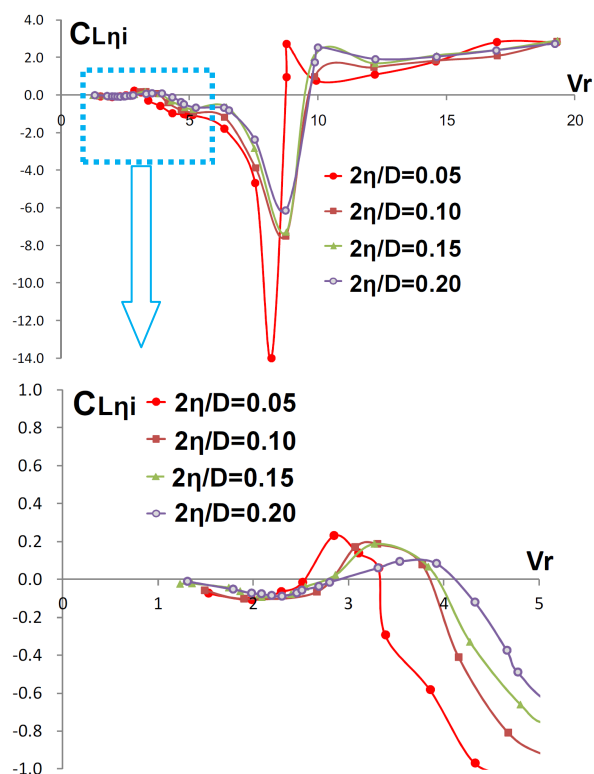


図4 非定常空気力係数 $CL_{\eta i}$ (フランジ有, 迎角 0 度)

表1 流れの可視化

実験条件	可視化写真
<u>模型強制加振時 (変位最下点)</u> 縮尺 1/12.5 模型 (フランジ無) 加振振幅 $2\eta/D=2 \times 0.002/0.04=0.10$ 加振振動数 7.6Hz 模型高さ $D=0.04m$ 風速 $V=0.6m/s$ $Vr=V/fD=0.6/(7.6 \times 0.04)=2.0$ レイノルズ数 $Re=VD/\nu=1.6 \times 10^3$	
<u>【参考】模型静止時</u> 縮尺 1/12.5 模型 (フランジ無) 模型高さ $D=0.04m$ 風速 $V=0.6m/s$ レイノルズ数 $Re=VD/\nu=1.6 \times 10^3$	