

小さい断面辺長比を有する矩形断面の空力振動に関する実験的研究

九州工業大学大学院 学生会員 ○須田健太郎

九州工業大学大学院 正会員 松田一俊 加藤九州男

株式会社日立製作所

玉井佑典

1. はじめに

平成 21 年、長崎県にある生月大橋の P 6 橋脚付近の斜材に亀裂が発見された。現地振動計測の結果、亀裂の主原因はカルマン渦励振とされたが、カルマン渦励振の共振風速よりも低い 7~8m/s の風速域においても空力振動が観測された¹⁾。従来、断面辺長比 $B/D=2\sim 8$ の矩形断面を用いた風洞実験結果によると、前縁剥離渦および後縁 2 次渦に起因して生じる自己励起型渦励振が確認されている²⁾。しかしながら、生月大橋のトラス斜材の断面辺長比は $B/D=1.18$ であり、この断面辺長比を対象としたバネ支持実験結果はこれまで報告されていない。そこで本学では $B/D=1.18$ において鉛直たわみ 1 自由度バネ支持実験より対象橋梁で生じた振動現象を再現し、自己励起型渦励振の発現を確認した³⁾。さらに、比較的研究例の少ない $B/D=0.50\sim 1.18$ の矩形断面模型を強制加振させて断面周りの流れの可視化実験を行った⁴⁾。その結果、全ての検討断面で前縁剥離渦が確認され、自己励起型渦励振発現の可能性が示唆された。

本研究では、 $B/D=0.50\sim 1.18$ の断面についてその発現の有無をバネ支持実験により確認し、断面辺長比との関係を把握することを目的 1 とした。さらに $B/D=0.6$ 付近より小さい断面で低風速ギャロッピングが発生する⁵⁾ことから、低風速ギャロッピング及びカルマン渦励振領域の発散測定を行い、それぞれの領域における振動特性を明らかにすることを目的 2 とした。

2. 実験概要

玉井らの実験⁴⁾で自己励起型渦励振の発現が示唆された断面辺長比 $B/D=1.18, 1.0, 0.75, 0.62, 0.5$ の模型を用いて、迎角 0° 、偏角 0° 、一様流中で鉛直たわみ 1 自由度バネ支持実験を行った。断面辺長比の違いが応答振幅に与える影響を検討するため、ダンパーを用いて各断面辺長比の模型のスクールトン数 $Sc=2m\delta s/\rho D^2$ (m : 単位長さ質量, δs : 構造対数減衰率, ρ : 空気密度, D : 代表長) を 1.6 に一致させて実験を行った。

3. 実験結果および考察

Sc 数を 1.6 に統一させたバネ支持実験結果を図-1 に示す。 $B/D=1.18, 1.0, 0.75$ の 3 種類の断面において、自己励起型渦励振が確認されたが、 B/D が小さくなるにつれて自己励起型渦励振の peak 値が小さくなった。また $B/D=0.62, 0.5$ で自己励起型渦励振が確認されなかった。これらの原因として、写真-1 に示すように前縁剥離渦が徐々に模型上下面から離れて流下することにより、変動空気が模型上下面に十分に作用しなかったためと考えられる。但し、 Sc 数を 0.82 と小さくしたとき、 $B/D=0.62$ において自己励起型渦励振の発現が確認された。

次に、カルマン渦励振の発現風速を確認するために計測した各断面のストローハル数 St の逆数から算出されるカルマン渦励振発現風速推定値 $1/St$ と $B/D=0.62, 0.5$ の発現風速実験値には差異が生じた。これは低風速ギャロッピング⁵⁾が発現したためと考えられる。

$B/D=0.62, 0.5$ の断面について、低風速ギャロッピングおよびカルマン渦励振発現風速域の応答波形をそれぞれ図-2 および図-3 に示す。図-2 より $B/D=0.62$ では低風速ギャロッピングおよびカルマン渦励振の各風速域の中間風速付近で乱れた応答波形を示す風速域(2), (3)が存在した。この原因としてこの風速域は低風速ギャロッピングからカルマン渦励振への遷移領域であり、両者の振動特性が混在していることが考えられる。また、図-3 より $B/D=0.5$ では低風速ギャロッピング風速域(1), (2)において応答が緩やかに立ち上がっており、さらに換算風速 V_r の上昇に伴い、応答の立ち上がりが急激に変化することが明らかとなった。

4. まとめ

断面辺長比 $B/D=1.18, 1.0, 0.75$ で確認された自己励起型渦励振の peak 値は、 B/D の減少と共に小さくなる傾向にある。また $B/D=0.62, 0.5$ において低風速ギャロッピングからカルマン渦励振へ遷移する風速域が存在し、この領域では両者の振動特性が混在することが明らかになった。

キーワード 断面辺長比, 矩形断面, カルマン渦励振, 自己励起型渦励振, 低風速ギャロッピング

連絡先 住所: 〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1, 電話: 093-884-3466

〈参考文献〉

- 1) 西川貴文ら：空力励起振動するトラス部材の遠隔計測の実現と長期運用，構造工学論文集，Vol.61A，pp.91-100，2015.
- 2) 白石成人ら：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) K.Matsuda et al：Low speed instability of two-dimensional rectangular prisms, Proceedings of the ASME 2013 Pressure Vessels and Piping Conference (PVP2013)，97353，2013.
- 4) 玉井佑典ら：低風速域で生じるトラス橋斜材の空力振動に関する実験的研究，第23回風工学シンポジウム論文集，pp.211-216，2014.
- 5) 平田勝哉：ギャロッピングの発生機構に関する研究，九州大学博士論文，pp.30-33，1993.

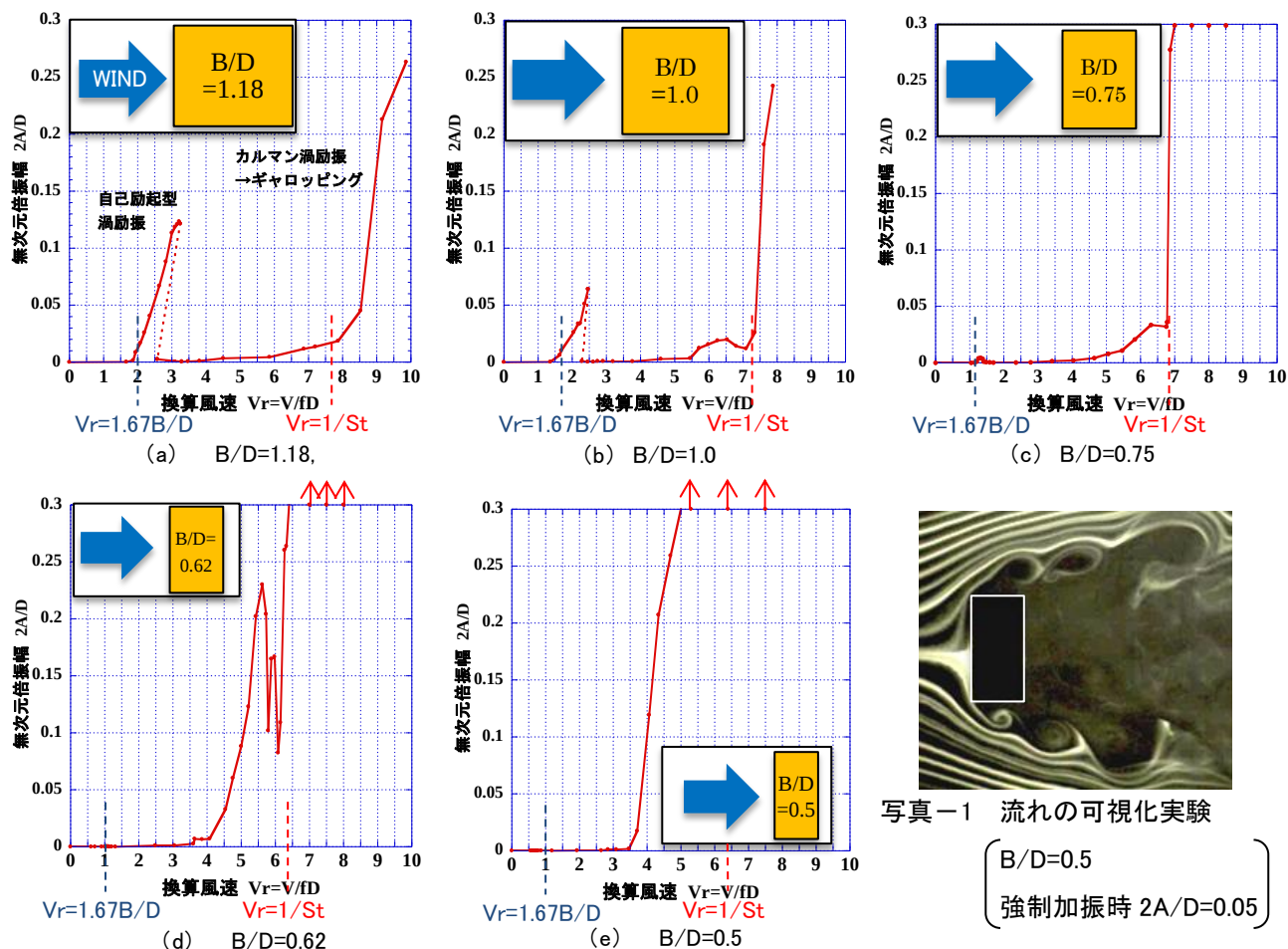


図-1 鉛直たわみ1自由度バネ支持実験結果 ($Sc=1.6$)

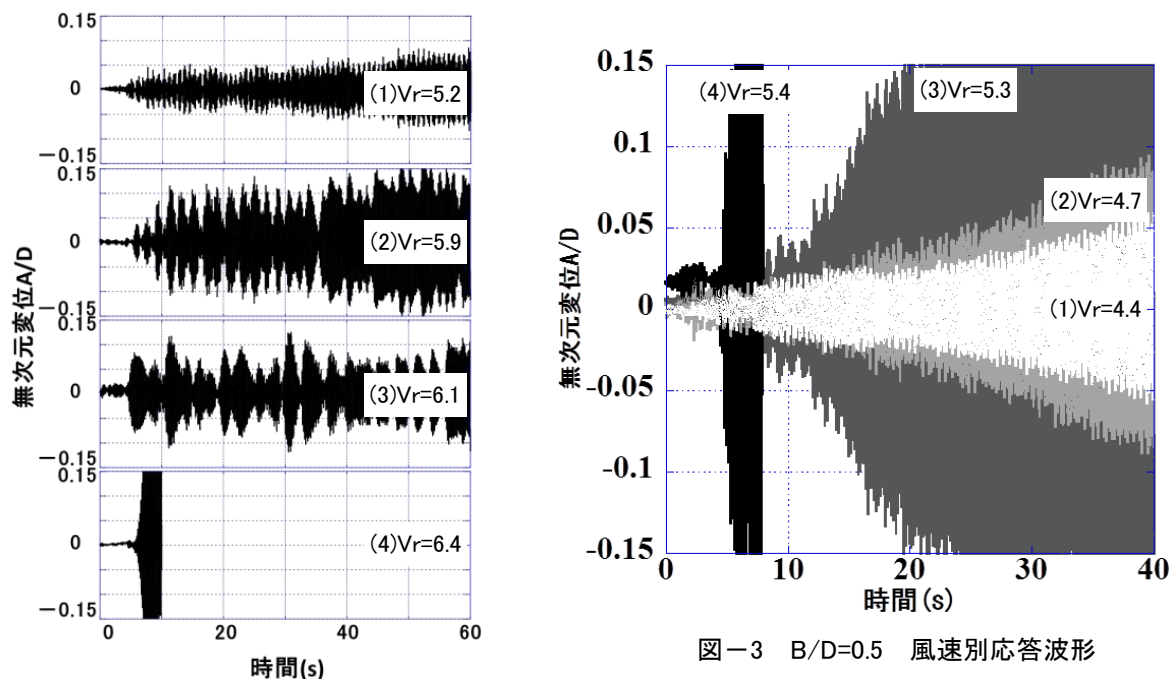


図-2 $B/D=0.62$ 風速別応答波形

図-3 $B/D=0.5$ 風速別応答波形