トラス橋斜材におけるカルマン渦励振推定発現風速の過大評価について
～アスペクト比がカルマン渦励振発現風速に及ぼす影響～

九州工業大学大学院　学生会員　○吉居　翔太郎　　九州工業大学大学院　正会員　松田　一俊
九州工業大学大学院（研究当時）　井上　遥奈　　九州工業大学大学院　正会員　加藤　九州男

1. はじめに

長崎県の平戸島と生月島を結ぶ下路式 3 径間連続トラス橋である生月大橋に，2009 年 12 月中間橋脚付近の斜材部でき裂が発見され，これは季節風が橋軸直角方向に吹き付けることによる振動が原因と考えられた．調査の結果，20~25m/s の高風速域と 6~8m/s の低風速域で斜材の振動が確認された [1]．

高風速域における振動はカルマン渦励振と考えられるが，カルマン渦励振発現換算風速 *Vcr* の推定式 *Vcr=1/St* より，カルマン渦励振推定発現風速は 28.1m/s となり，上記の調査結果では 20~25m/s で振動が確認されていることから，カルマン渦励振推定発現風速は過大評価である．また，**図 1** に既往の研究結果 [1)~5)]を整理したもの示す．**図 1** より，アスペクト比の増加に伴い，カルマン渦励振発現換算風速が低下する傾向にあることがわかる．

本研究では，既往の研究とは異なるアスペクト比を有する 2 種類の 3 次元弾性模型を用いた応答実験および様々なアスペクト比においてストローハル数計測を行い，アスペクト比がカルマン渦励振発現換算風速に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした．

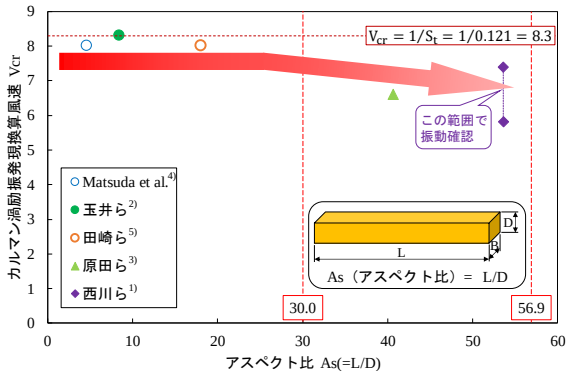

図 1　既往の研究結果

2. 実験概要

今回の実験で使用する風洞は，九州工業大学所有の境界層型波浪風洞（測定部断面：高さ 1.78m×幅 2.62m）である．**写真 1** は模型設置状況であり，迎角 α=0°，水平偏角 β=0°である．

2.1　3 次元弾性模型を用いた応答実験

使用する 2 種類の模型は断面辺長比 *B/D*=1.18 の矩形断面で，アスペクト比はそれぞれ *As*=30.0, 56.9 とし，既往の研究結果と比較することで，アスペクト比がカルマン渦励振発現換算風速に及ぼす影響について考察する．

2.2　3 次元弾性模型を用いたストローハル数計測

応答実験と同一の模型を使用し，熱線流速計を用いて，模型静止時における，4 風速での各カルマン渦放出振動数を計測し，それらの近似直線の勾配からストローハル数を算出する．また，移動隔壁を風洞内に設置し（**写真 2 参照**）アスペクト比を変化させることで，アスペクト比がストローハル数に及ぼす影響について考察する．

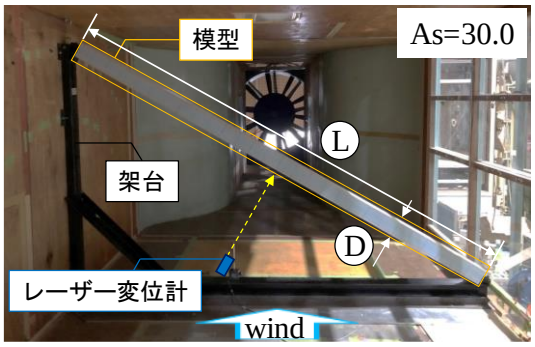

写真 1　模型設置状況（応答実験時）

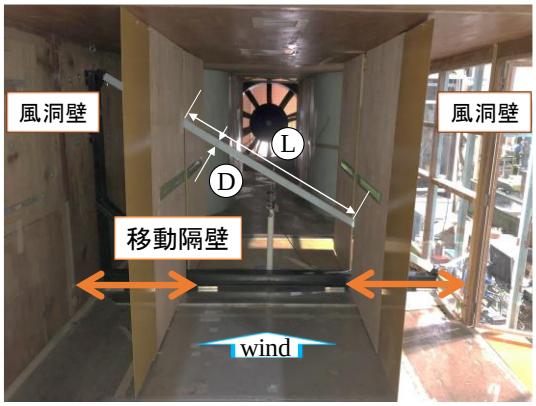

写真 2　移動隔壁設置状況

3. 実験結果および考察

図 2 に応答実験の結果を示す．カルマン渦励振発現換算風速は *As*=30.0 では *Vcr*=6.3，*As*=56.9 では *Vcr*=7.4 である．また，カ

キーワード　アスペクト比，カルマン渦励振発現換算風速，ストローハル数，トラス橋斜材
連絡先　　住所：〒804-8550　福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1，電話：093-884-3466

© Japan Society of Civil Engineers

ルマン渦励振発現換算風速はカルマン渦放出振動数を無次元化したストローハル数 $St=f_vD/V$（f_v：カルマン渦放出振動数，D：矩形柱の流れ直角方向断面高さ，V：風速）を用いて，$Vcr=1/St$ で推定することができる．断面辺長比 B/D=1.18 の矩形断面のストローハル数計測値は Matsuda et al. の研究[6]より St=0.121 であり，カルマン渦励振発現換算風速を推定すると $Vcr=1/St$=1/0.121=8.3 となる．しかし，As=30.0, 56.9 の応答実験結果において，ともに推定発現換算風速より低い風速でカルマン渦励振が発現している．これは，アスペクト比が大きくなるとストローハル数が大きくなり，カルマン渦励振発現換算風速が低下している可能性があると考えられる．

次に，既往の研究を含めた応答実験結果に，様々なアスペクト比における計測ストローハル数から推定されるカルマン渦励振発現換算風速を追加し**図 3** に示す．これより，アスペクト比が As=20 付近までは，アスペクト比の増加に伴いストローハル数が増加することでカルマン渦励振発現換算風速が低下しており，アスペクト比が As=20 より大きい範囲ではカルマン渦励振発現換算風速は Vcr=7 付近で収束している．これが生月大橋におけるカルマン渦励振推定発現風速が過大評価になった要因であると考えられる．また，石原ら[7]の研究成果によると，アスペクト比の違い（As=6, 10）により変動揚力係数が変化することが報告されていることから，アスペクト比がさらに大きくなった場合，卓越周波数にも影響を与える可能性が考えられる．

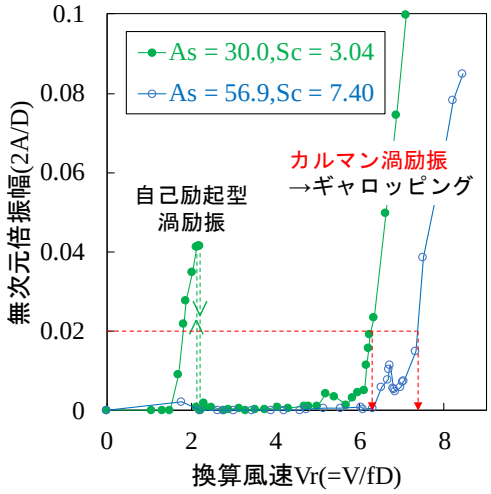

図 2　応答実験結果

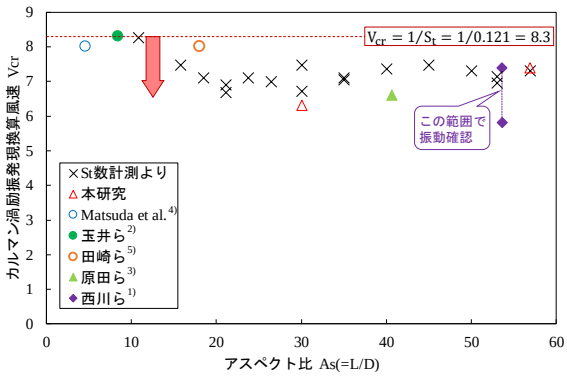

図 3　アスペクト比 As とカルマン渦励振発現換算風速 Vcr の関係

さらに，一般的にカルマン渦励振発現換算風速の推定は，アスペクト比の小さい 2 次元剛体模型を使用して計測したストローハル数を用いるため，実際には推定風速より低い風速でカルマン渦励振が発現する可能性があり，耐風設計上危険側の評価につながる場合も想定される．ただし，断面辺長比 B/D=1.18 の矩形断面のトラス橋斜材に限る．

4. 結論および今後の課題

断面辺長比 B/D=1.18 の矩形断面で，アスペクト比 As=30.0, 56.9 である 3 次元弾性模型を用いて応答実験およびストローハル数計測を行った結果，アスペクト比が As=20 付近までは，アスペクト比の増加に伴いストローハル数が増加することでカルマン渦励振発現換算風速が低下しており，アスペクト比が As=20 より大きい範囲ではカルマン渦励振発現換算風速は Vcr=7 付近で収束した．これが生月大橋におけるカルマン渦励振推定発現風速が過大評価になった要因であると考えられる．

今後の課題として，断面辺長比 B/D=1.18 で矩形断面のトラス橋斜材において，アスペクト比がストローハル数に与える原因の解明が挙げられる．また，カルマン渦励振発現換算風速の推定において，アスペクト比の影響を考慮する必要があり，アスペクト比の変化によるストローハル数の補正係数の考案が挙げられる．

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) 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.
3) 原田健太郎ら：トラス橋斜材の 3 次元弾性模型を用いた自己励起型渦励振の応答特性に関する研究，平成 26 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，I-22，pp.43-44，2015.
4) Matsuda, K. et al.: Experimental Study on Aerodynamic Vibrations of rectangular cross sections having low side ratios, Proceedings of 8th International Colloquium on Bluff Body Aerodynamics and Applications, 2016.
5) 田崎賢治ら：剥離干渉効果を利用した矩形断面柱の耐風制振法，平成 5 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，I-52，pp.104-105，1994.
6) Matsuda, K. et al.: Low Speed Instability of Two-Dimensional Rectangular Prisms, Proceedings of the ASME 2013 Pressure Vessels and Piping Conference (PVP2013), 97353, 2013.
7) 石原孟ら：一様流中に置かれた正方形角柱の空気力特性の数値予測に関する研究，土木学会論文集 A，Vol.62 No.1，pp.78-90，2006.

© Japan Society of Civil Engineers