

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

九州工業大学大学院 学生会員 ○原田健太郎 非会員 田川 大地
九州工業大学大学院 正会員 松田 一俊 正会員 加藤九州男

1. はじめに

長崎県平戸市の平戸島と生月島を結ぶ鋼 3 径間連続下路式トラス橋である生月大橋に、平成 21 年 12 月 P6 橋脚付近の北側斜材部で、き裂が発見された¹⁾。調査の結果、き裂の発生原因であるカルマン渦励振とは別に、より低い風速域においても斜材の振動が確認された。そこで、一昨年度本学において、この振動を自己励起型渦励振と想定し、トラス橋斜材における自己励起型渦励振の発生条件を解明するため 2 次元剛体模型を用いた鉛直たわみ 1 自由度ばね支持実験が行われた。その結果、実橋で自己励起型渦励振が発現したときの風向条件(図 1 参照)を再現して行ったケースでは、自己励起型渦励振が発生しなかった²⁾。さらに昨年度、円柱断面の応答に及ぼすアスペクト比(L/D , L :模型長, D :代表長)の影響に関する研究結果³⁾を勘案して、自己励起型渦励振に及ぼすアスペクト比の影響に着目した鉛直たわみ 1 自由度ばね支持実験が行われたが、アスペクト比に関する一貫した傾向性は得られなかった。

本研究は、昨年度よりも実機により近いアスペクト比を有する 3 次元弾性模型を用いた応答実験及び後流渦のスペクトル分布測定を行い、自己励起型渦励振の特性を明らかにすることを目的としている。

2. 実験概要

昨年度の模型のアスペクト比は 8.53~12 であったのに対して本研究は 40.6 とした。今回使用した境界層型波浪風洞の測定部断面は、高さ 1.78m×幅 2.62m と横長であることから、より大きいアスペクト比を確保するため、図 1 の状態から斜材を 90° 回転させた状態で設置した。写真 1 は模型の設置状況である。風向が応答に与える影響を把握するために、図 2 のように偏角 β を変化させた実験を行った。また、対象斜材は完全な矩形断面ではないため、本研究では実機断面(図-3a)と矩形断面(図-3b)の 2 種類について比較実験を行った。

3. 実験結果

偏角 β を変化させた実験結果を図 4 に示す。偏角 $\beta=0^\circ$ の場合、無次元風速 $Vr=1.5\sim2.5$ 付近で振動が発生していることがわかる。実機の自己励起型渦励振の発現風速も $Vr=2$ 付近であ

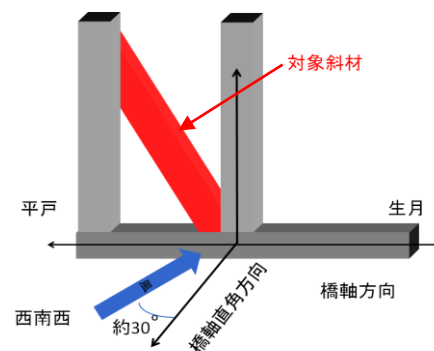


図 1 斜材と風向の関係



写真 1 模型設置状況 (偏角 $\beta=0^\circ$)

風洞内側面図

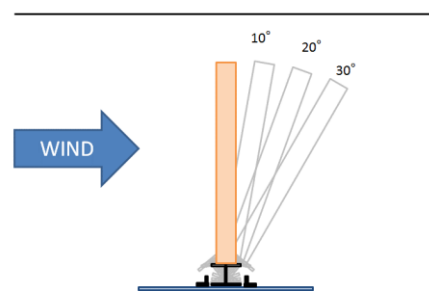


図 2 偏角 β の定義

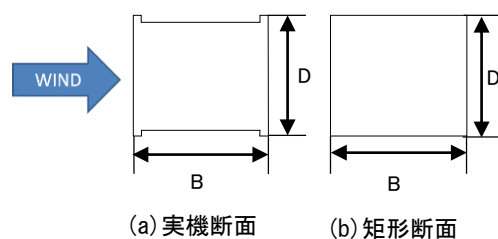


図 3 斜材模型の断面形状 ($B/D=1.18$)

キーワード 自己励起型渦励振 カルマン渦励振 アスペクト比 トラス橋 斜材

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 TEL093-884-3466 FAX093-884-3100

ったことから、この振動は自己励起型渦励振であると考えられる。また、 $V_r=6.4$ 付近から発生する振動はカルマン渦励振またはギャロッピングであると考えられる。実機では無次元風速 $V_r=5.9\sim7.4$ で発生していることから¹⁾、この実験結果は妥当性があると考えられる。偏角 $\beta=10^\circ\sim30^\circ$ の場合については、偏角が 10° の場合のみ、無次元風速 $V_r=2$ 付近の低風速域で自己励起型渦励振が発現しているが、偏角が 20° および 30° の場合、自己励起型渦励振の発現は確認できなかった。

次に、断面形状が応答に与える影響を図 5 に示す。図 5(a) は偏角 $\beta=0^\circ$ の場合である。このとき、両断面において、自己励起型渦励振は発生しており、応答図に顕著な差異は見られない。しかし、図 5(b) の偏角 $\beta=10^\circ$ の場合、実機断面のケースにおいては、自己励起型渦励振が発生しているが、矩形断面のケースにおいては自己励起型渦励振の発生は確認できなかった。このことから、偏角が 10° になるとフランジ突起の影響により模型表面への流れの再付着パターンの違いがより顕著に現われると考えられる。

熱線プローブを用いて模型軸方向に沿って後流渦のスペクトルの測定結果の一例を図 6 に示す。図 6 では 2.6Hz 付近の振動数が卓越しているが、自己励起型渦励振が発生したケースにおいては、約 2.5Hz で振動数が卓越していることが判明した。一方、模型の固有振動数は 12.1Hz である。よってこの振動数の成分は自己励起型渦励振の原因とされる前縁剥離渦の卓越振動数であると考えられる。

4. 結論及び今後の課題

アスペクト比の影響について、3次元弾性模型の場合においても既往の研究と同様に実機の風向を再現したケース(実機断面、 $\beta=30^\circ$)で自己励起型渦励振の発生は確認できなかった。このことからアスペクト比が自己励起型渦励振に及ぼす影響はほとんどないと考えられる。

断面形状の違いの影響は、偏角 $\beta=10^\circ$ の場合のみ確認された。偏角 β が 0° の場合、断面形状の違いの影響はほとんど無いが、偏角が 10° になるとフランジ突起の影響により模型表面への流れの再付着パターンの違いがより顕著に現われると考えられる。

今後の課題として、可視化などを行い渦の様相をより詳細に調べることが挙げられる。

〈参考文献〉

- 1) 中村聖三ら：生月大橋の風況調査，土木学会第 67 回年次学術講演概要集，2012。
- 2) 久富圭悟：トラス橋斜材の低風速励振の振動メカニズムの検討，九州工業大学大学院修士論文，2013。
- 3) 松田一俊ら：2次元円柱のインライン振動特性，土木学会第 56 回年次学術講演会，2001。

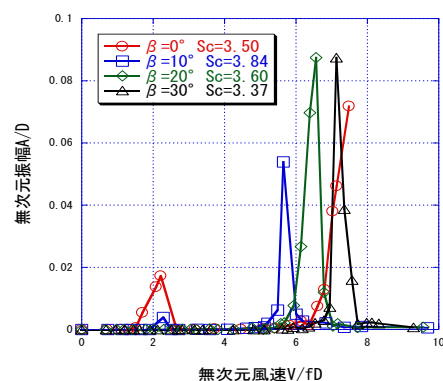


図 4 偏角 β が応答に及ぼす影響

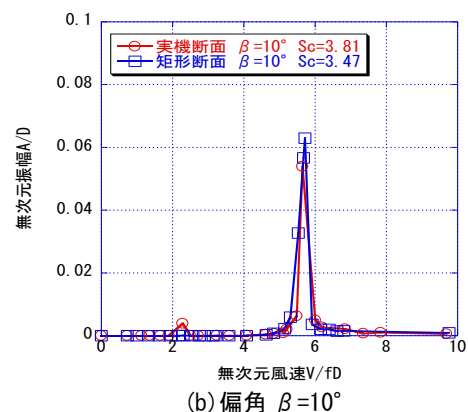
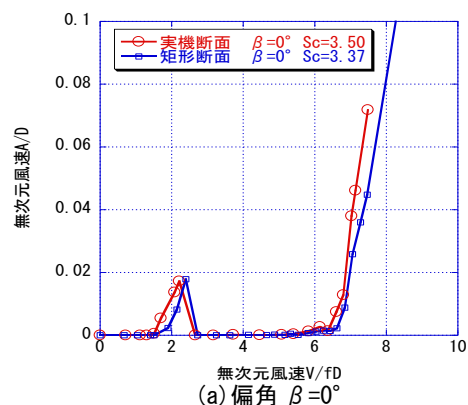


図 5 断面形状が応答に及ぼす影響

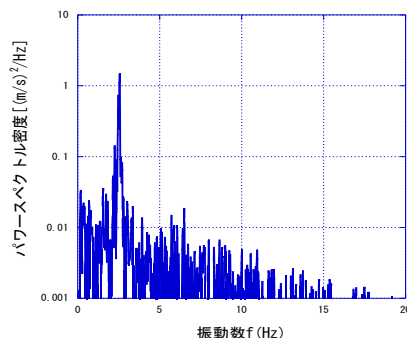


図 6 スペクトル解析一例

実機断面， $\beta=0^\circ$ ，
模型中央付近，風速 1.4m/s