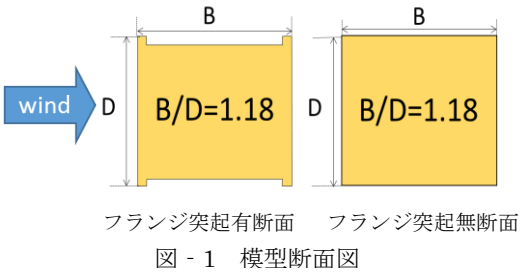


トラス橋斜材のフランジ突起の有無が自己励起型渦励振応答特性に与える影響

九州工業大学大学院 学生会員 ○江尻和史
九州工業大学大学院 正会員 松田一俊 加藤九州男
九州工業大学大学院 (研究当時) 有瀬公貴

1. はじめに

平成 21 年に生月大橋トラス斜材で亀裂が発見されたことから、図 - 1 に示す断面辺長比 $B/D=1.18$ の亀裂が生じた断面と同様なフランジ突起有の断面と形状を簡略化させたフランジ突起無の断面を用いたばね支持実験が行われた¹⁾。実験の結果、両断面とも自己励起型渦励振の発現が確認された。迎角 0° では、フランジ突起有とフランジ突起無の自己励起型渦励振最大応答振幅の比率は約 1.0 倍であったが、迎角 10° では、その比率が約 1.5 倍となった。よって迎角が大きい場合、模型を簡略化させたフランジ突起無断面を用いた風洞実験結果は、耐風設計上危険側の評価を与えることになる。



そこで本研究は、なぜフランジ突起有の断面の方が応答が大きいのか、また迎角 $0^\circ \sim 10^\circ$ の範囲でどの迎角から応答の差が大きくなるのかをばね支持実験と流れの可視化実験で確認することにより、モデル化におけるフランジ突起再現の重要性を明らかにすることを目的とした。

2. 実験概要

ばね支持実験では、フランジ突起有、無の 2 種類の模型(幅 $B=0.107\text{m}$ ×高さ $D=0.09\text{m}$)を使用した。風洞は、九州工業大学回流式空力弾性試験用風洞(測定断面：幅 0.91m ×高さ 1.78m)を使用した。迎角 α は、 $3^\circ, 4^\circ, 5^\circ, 10^\circ$ に変化させ、スクルートン数 $Sc\{=2m\delta/\rho D^2$, m : 単位長さ質量(kg/m), δ : 構造減衰(対数減衰率), ρ : 空気密度(kg/m^3), D : 代表長(m))は 2.3 に設定し実験を行った。ばね支持実験条件の一例を表 - 1 に示す。

表 - 1 ばね支持実験条件
(フランジ突起有断面, 迎角 10°)

固有振動数 $f_0(\text{Hz})$	7.69
空気密度 $\rho(\text{kg/m}^3)$	1.19
構造減衰 δ	0.00363
単位長さ あたり質量 $m(\text{kg/m})$	3.01
Sc 数	2.27

流れの可視化実験では、ばね支持実験と同様に断面辺長比 $B/D=1.18$ のフランジ突起有、無の 2 種類の模型(幅 $B=0.0472\text{m}$ ×高さ $D=0.04\text{m}$)を使用した。風洞は、九州工業大学可視化実験用小型風洞(測定断面：幅 0.4m ×高さ 0.4m)を使用した。模型を強制加振させ、加振振動数 f (Hz)を変化させることで測定換算風速 $V_r\{=V/fD$, V : 風速(m/s), f : 加振振動数(Hz), D : 代表長(m))に設定し、高速度カメラで撮影した。例えば測定換算風速 $V_r=2.5$ の場合、風速は $V=0.6\text{m/s}$ 、代表長 $D=0.04\text{m}$ であるため加振振動数 $f=6.0\text{Hz}$ となる。

3. 実験結果および考察

3.1 ばね支持実験

迎角 $3^\circ, 4^\circ, 5^\circ, 10^\circ$ のばね支持実験結果および自己励起型渦励振風速域拡大図をそれぞれ図 - 2 および図 - 3 に示す。自己励起型渦励振発現換算風速 $V_{cr}=1.67B/D=1.97^2)$ から振動が確認されたことにより、全てのケースで自己励起型渦励振の発現が確認できた。フランジ突起有断面とフランジ突起無断面の自己励起型渦励振最大応答振幅の応答比率は、迎角 3° では 1.0 倍、迎角 4° では 1.2 倍、迎角 5° では 1.6 倍、迎角 10° では 1.8 倍となった。これらの応答測定結果から、迎角 $3^\circ \sim 4^\circ$ の範囲でフランジ突起が自己励起型渦励振応答振幅に与える影響が大きく出始め、迎角が大きくなるにつれてその影響が大きくなることが確認された。また、迎角 10° において計測したストローハル数の逆数であるカルマン渦励振発現換算風速 $V_{cr}=1/St=7.61$ (フランジ突起有断面), 7.56 (フランジ突起無断面)から振動が発現しておらず、換算風速 14.0 では両者の応答の差が大きいことも確認された。

3.2 流れの可視化実験

フランジ突起有、無断面の両者の応答の差が大きい迎角 10° の流れの可視化実験結果を表 - 2 に示す。自己励起型渦励振風速域では、フランジ突起有断面の下面の渦がフランジ突起無断面と比べて大きく発達していること

が確認出来る．フランジ突起有断面の渦が大きく発達することによりフランジ突起無断面と比較して励振力が大きくなり，応答が大きくなったと考えられる．カルマン渦励振風速域については，フランジ突起有，無断面の両断面とも下面での渦の間欠的再付着が見られた．渦の間欠的再付着により，図 - 2 に示す迎角 10° の応答図で両断面ともカルマン渦励振発現換算風速 $V_{cr}=1/St=7.61$ (フランジ突起有断面)， 7.56 (フランジ突起無断面)からの振動が抑制されていると考えられる．高風速域については，フランジ突起有断面の下面の渦がフランジ突起無断面と比較して大きく剥離していることが確認できる．フランジ突起有断面の渦の剥離が大きくなることにより断面に働く負圧が大きくなり，図 - 2 に示す迎角 10° の応答図の換算風速 $V_r=14.0$ において，フランジ突起有断面の応答が，フランジ突起無断面と比較して大きくなったと考えられる．

4. まとめ

トラス橋斜材の様に，断面辺長比が $B/D=1.18$ と小さく，フランジ突起の有る断面の耐風性を検討する場合，断面形状を簡略化させたフランジ突起無の断面は，耐風設計上危険側の評価を与えることがあるので，模型化においてフランジ突起は再現することが望ましい．

〈参考文献〉

1) 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．
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．

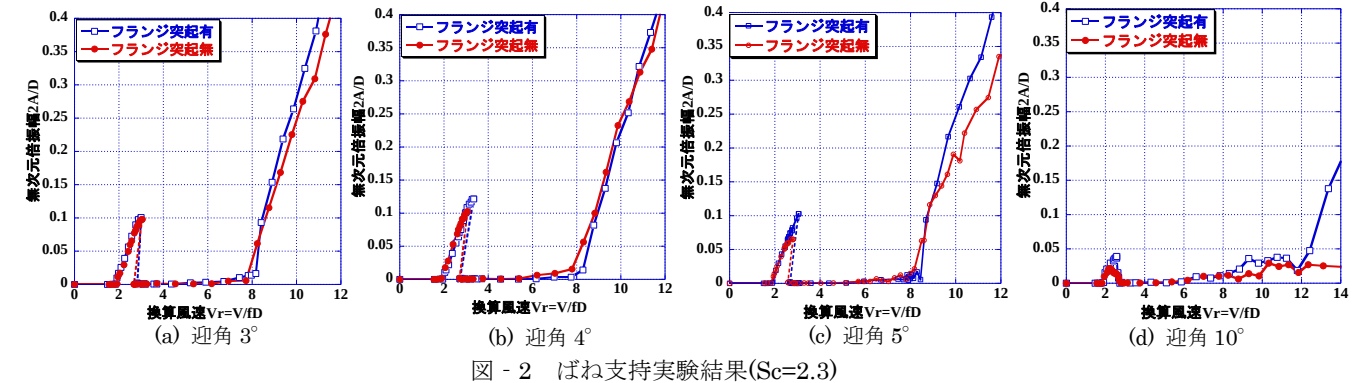


図 - 2 ばね支持実験結果($Sc=2.3$)

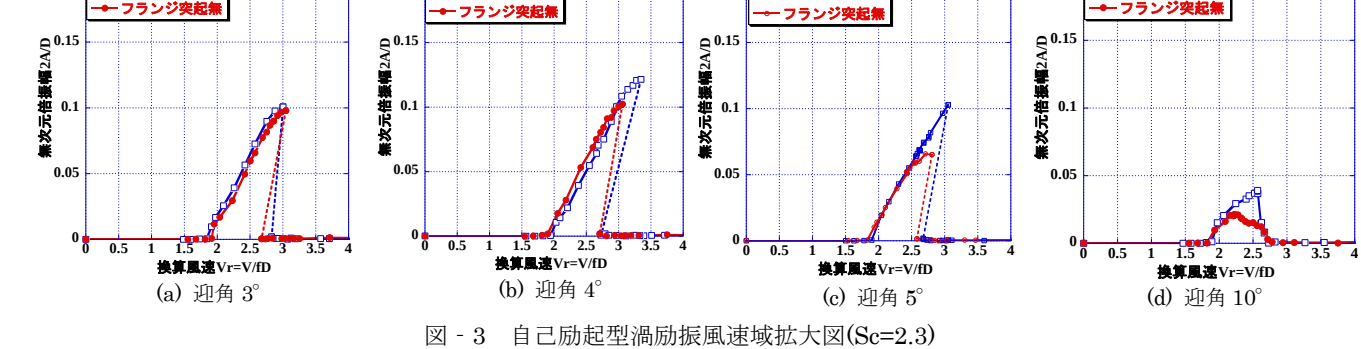


図 - 3 自己励起型渦励振風速域拡大図($Sc=2.3$)

表 - 2 流れの可視化画像(迎角 10°)

	自己励起型渦励振風速域 ($V_r=2.5$, $2\eta/D=0.025$, 変位最上点)	カルマン渦励振風速域 ($V_r=7.7$, $2\eta/D=0.100$, 変位最下点)	高風速域 ($V_r=14.0$, $2\eta/D=0.025$, 変位最上点)
フランジ突起有			
フランジ突起無			