

トラス橋斜材の対風応答特性に関する実験的検討

九州工業大学大学院 学生会員 ○原田健太郎

オリエンタルコンサルタンツ（研究当時 九州工業大学大学院） 非会員 久富 圭悟

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 正会員 加藤九州男

1. はじめに

1991年7月に完成した中央支間長400mの3径間連続曲弦下路鋼トラス橋である生月大橋において、2009年12月P6橋脚付近の北側斜材部にき裂が発見された¹⁾。これまでの調査結果から、き裂は疲労により発生・進展したものであることが明らかになっており、風による振動が原因であると推測されている。その後の現地観測データによると、き裂発生の主原因と考えられるカルマン渦励振とは別に、より低い風速域でも斜材の振動が確認されていることが判明した。そこで本研究では、トラス橋斜材の対風応答特性を風洞実験によって調査し、フランジ突起の有無、斜材の接近流に対する設置角度である迎角・偏角が対風応答特性に与える影響を検討した。

2. 実験概要

使用風洞は九州工業大学の回流式空力弾性試験用風洞(測定部断面 幅0.9m×高さ1.8m)である。ばね支持実験のパラメータは、フランジ突起の有無、斜材の接近流に対する設置角度、スクルートン数および乱れの強さとした。図1に模型断面図を示す。フランジ突起の有無の実験ケースに対応させるため、斜線部は取り外し可能となっている。設置角度については、対象部材が斜材であることを考慮して図1に示す模型の迎角 α および図2に示す偏角 ϕ を変化させた。模型のスクルートン数 $Sc=2m\delta_s/\rho D^2$ （ここで、 m ：単位長さ質量、 δ_s ：構造対数減衰率、 ρ ：空気密度）は、潜在的な対風応答特性を把握するため1.32～1.91と小さい値に設定した。鉛直たわみ固有振動数は、9.13～9.62Hzであり、換算風速 $Vr=2$ のときの風洞風速は約1.6m/sである。

3. 実験結果および考察

本稿ではフランジ突起の有無、斜材の接近流に対する設置角度である迎角および偏角がトラス橋斜材の対風応答特性に与える影響について述べる。

(1) フランジ突起の影響

図3に迎角 $\alpha=0^\circ$ 、偏角 $\phi=0^\circ$ のばね支持実験結果を示す。この場合、フランジ突起の明確な影響は認められない。ストローハル数の逆数から求めたカルマン渦励振発生換算風速は、 $Vr=8.4$ であることから $Vr=8$ 付近から発現している対風応答はカルマン渦励振と考えられる。この場合スクルートン数が小さいため、渦励振からギャロッピングへと風速に対して連続的に遷移している。一方、換算風速 $Vr=2$ 付近から振動発生風速域が限定的な振動が生じた。これは先述の生月大橋の現地観測データにおいて、実橋風速7～8m/s、換算風速 Vr ＝約2で確認

キーワード 風洞実験、トラス橋斜材、渦励振、低風速励振、迎角、偏角

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

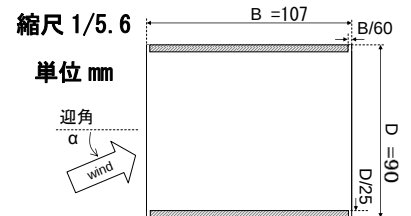


図1 模型断面図(B/D=1.18)

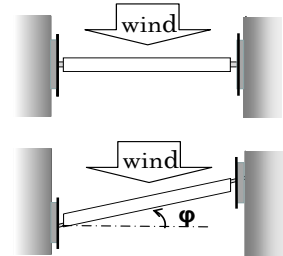


図2 偏角 ϕ の定義

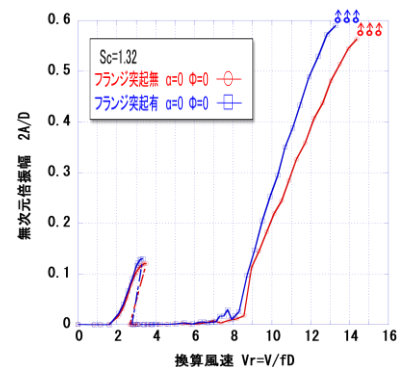


図3 フランジ突起の影響

($\alpha=0^\circ$, $\phi=0^\circ$)

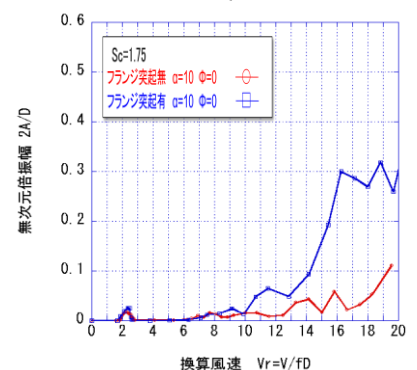


図4 フランジ突起の影響

($\alpha=10^\circ$, $\phi=0^\circ$)

された振動に相当すると考えられる。斜材の B/D は1.18であることから、この振動は $B/D=1$ 矩形断面における低風速励振^{2),3)}と同様と考えられる。しかし、その発現風速はカルマン渦励振の共振風速の約半分とされており、本実験結果と整合しない。ちなみに矩形断面の辺長比 B/D が2~8で生じる自己励起型渦励振⁴⁾の発現換算風速は $1.67B/D$ で得られる。図1の矩形断面の場合、 $1.67 \times 1.18 = 2.0$ となり図3の風洞実験結果の発現換算風速 $V_r = \text{約}2$ と整合するものの、さらに詳細な検討が必要である。

図4に示すように、迎角 α が 10° の場合、低風速励振の応答振幅は 0° に比べて減少する傾向にある。フランジ突起がない矩形断面の高風速域の応答は、耐風設計上危険側の評価を与えることから、風洞実験においてトラス橋斜材のフランジ突起の模型化には注意を要することがわかった。このため、以下の風洞実験結果はすべてフランジ突起ありのケースを示す。

(2) 迎角の影響

迎角 α を $0^\circ \sim 12.5^\circ$ および $15^\circ \sim 30^\circ$ に変化させたときのばね支持実験結果をそれぞれ図5および図6に示す。迎角 12.5° まではカルマン渦励振からギャロッピングへと遷移しているが、 15° 以上の場合、カルマン渦励振のみでギャロッピングは発現していない。これは、図7の揚力係数曲線において、迎角 α が $13 \sim 14^\circ$ までは揚力係数勾配が負であるのに対し、それ以上の迎角では勾配が正となることに対応している。すなわち、準定常的アプローチであるDen Hartogの判別式から説明できる。

(3) 偏角の影響

図8に偏角 ϕ が 0° と 15° の実験結果を比較した。 $\phi = 15^\circ$ のカルマン渦励振の発現換算風速の方が高くなるが、これは既往の研究⁵⁾と同様に見かけの B/D が大きくなり、その結果ストローハル数が減少することに起因している。また、偏角がつくと低風速励振の応答振幅は減少する傾向にある。

4. まとめ

辺長比 $B/D=1.18$ の断面を有するトラス橋斜材の対風応答特性を風洞実験によって調査した。その結果、フランジ突起の模型化を考慮する必要があること、斜材の接近流に対する設置角度である迎角および偏角も対風応答特性に大きな影響を与えることから、パラメータとして考慮する必要があることが分かった。

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回年次学術講演会講演概要集，2012。
- 2) (社)日本鋼構造協会(編)：構造物の耐風工学，東京電機大学出版局，p. 105，1997。
- 3) 溝田武人，岡島 厚：振動する角柱まわりの流線と非定常流体力に関する実験的研究，土木学会論文報告集，第327号，pp. 49-58，1982。
- 4) 白石成人，松本 勝：充複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。
- 5) 尾立圭己ら：角柱の渦励振に対する斜風の影響について，土木学会第46回年次学術講演会講演概要集，1991。

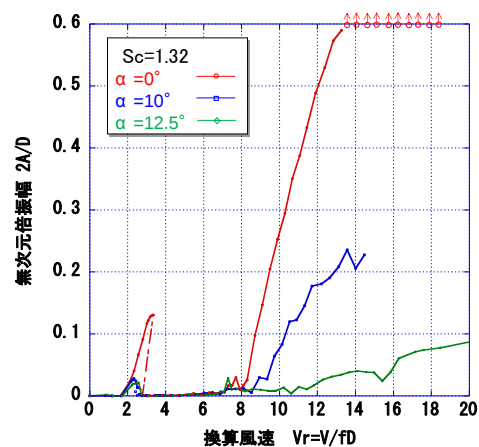


図5 迎角の影響($\alpha = 0^\circ \sim 12.5^\circ$)

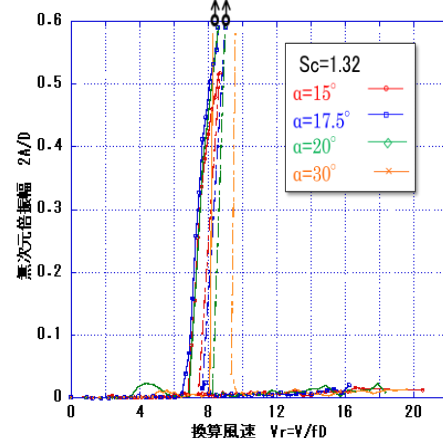


図6 迎角の影響($\alpha = 15^\circ \sim 30^\circ$)

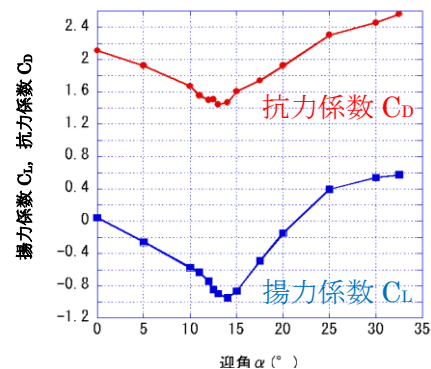


図7 抗力係数，揚力係数

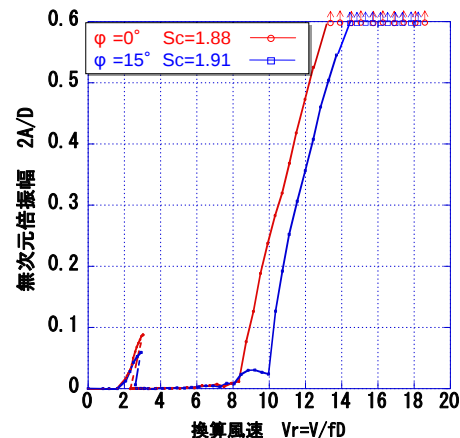


図8 偏角の影響