

長大橋用五角形断面箱桁の空力特性に関する研究

九州工業大学 学生員 吉田健太 九州工業大学院 学生員 辻栄治
九州工業大学 正会員 久保喜延 木村吉郎 加藤九州男

1. はじめに

空力弾性振動は構造物に風が作用した際に生じる振動現象である。この振動は様々な形で現われるが、その発生メカニズムについては未だ解明されていない部分が多くあり、予期せぬ事態が起こる可能性がある。振動抑制策の一つとして、フェアリング等の空力的付加部材を設置する方法がある。従来のフェアリングは、剥離渦の発生をできるだけ抑えようという考えに基づき、桁断面の流線形化を図るような形状であった。しかし、経済性やメンテナンスを考えると付加部材の使用は好ましくない。そこで、本研究室で開発してきた複数の剥離点を設けて剥離渦を互いに干渉させる剥離干渉法を用いることで、耐風性の検討を行った。本研究では五角形桁断面を用い、五角形断面のウェブ傾斜角を変化させて、応答実験および三分力測定実験を行い、耐風性を検討することにした。

2. 応答実験結果

ここではねじれ振動応答の結果を図2に剥離角 $\alpha = 27^\circ$ 、迎角 $\beta = 0^\circ$ と図3に剥離角 $\alpha = 30^\circ$ 、迎角 $\beta = 0^\circ$ を示す。図2によれば、 $\alpha = 13^\circ$ において他の角度と比較すると高風速域で、 $\alpha = 19^\circ, 22^\circ$ においては低風速域でフラッターが発生している。また、図3によれば、 $\alpha = 10^\circ, 13^\circ, 16^\circ$ においては高風速域で、 $\alpha = 19^\circ, 22^\circ$ においては低風速域でフラッターが発生している。

3. 三分力測定実験概要

実験には、境界層風洞(測定断面高さ 1800 mm, 幅 2400 mm ~ 2600 mm)を使用し、一様流中で測定した。供試模型には、図1に示すような五角形断面模型を用いた。図4にウェブ傾斜角が $\alpha = 10^\circ, 13^\circ, 16^\circ, 19^\circ, 22^\circ$ の場合の応答実験結果のまとめを示す。図4において、 $\alpha = 19^\circ, 22^\circ$ はフラッター発現風速が低く、明らかに耐風性が悪い。一方で、 $\alpha = 27^\circ$ 、 $\alpha = 13^\circ$ の場合はフラッター発現風速が高く耐風性が良い。また、五角形断面において桁上面の断面形状が一定であっても、ウェブ傾斜角が変化すると桁上面での流れ特性も変化すること、つまり桁上面の流れが桁高の支配を大きく受けることが確認されている。そこで、本実験では供試模型の B, D および a を一定にし、 D を変化させることによってウェブ傾斜角を $\alpha = 10^\circ, 11^\circ, 12^\circ, 13^\circ, 14^\circ, 15^\circ, 16^\circ$ と変化させ三分力測定を行った。

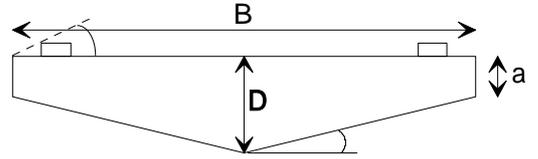


図1 模型断面図

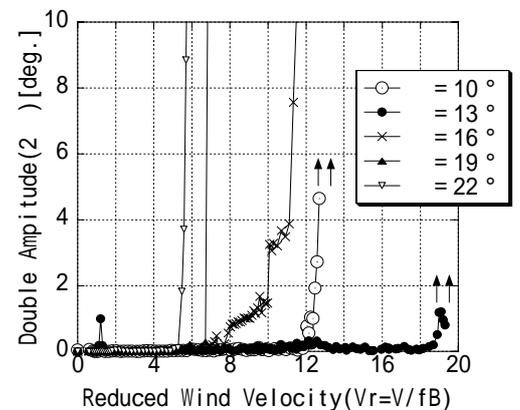


図2 $\alpha = 27^\circ$ 、 $\beta = 0^\circ$ のねじれ応答図

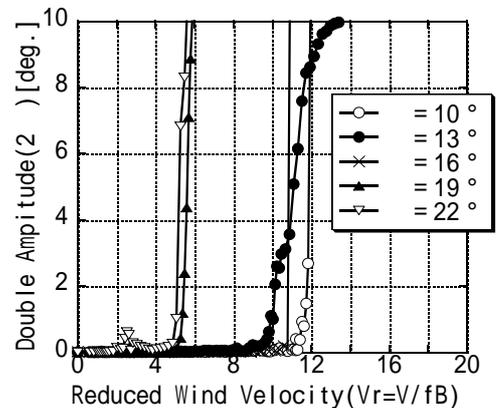


図3 $\alpha = 30^\circ$ 、 $\beta = 0^\circ$ のねじれ応答図

キーワード：五角形断面，ウェブ傾斜角，剥離干渉法，フラッター発現風速，抗力係数，揚力係数

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 TEL 093-(884)-3109

4. 三分力測定実験結果および考察

図5, 6に測定された空気力を, 横軸にウェブ傾斜角, 縦軸に抗力係数, 揚力係数としてそれぞれについて示す.

4-1 抗力係数とウェブ傾斜角の関係

図5によると, 抗力係数はウェブ傾斜角 $\theta = 14^\circ$ のとき最大で $C_D = 1.16$, $\theta = 12^\circ$ のとき最小で $C_D = 0.92$ となった. また, 抗力係数は, ウェブ傾斜角の変化に対して $\theta = 10^\circ \sim 16^\circ$ において増加し続けるのではなく, $\theta = 10^\circ$ から $\theta = 12^\circ$ で減少し, $\theta = 12^\circ$ から $\theta = 14^\circ$ で増加し, $\theta = 14^\circ$ から $\theta = 16^\circ$ で減少している. よって, $\theta = 13^\circ$ を境にして対風性が変化しているのではないかと考えられる. 一般的にウェブ傾斜角が増加するに従って, 風の影響を受けやすく, 空気力が大きくなると考えられている. しかし, この五角形断面では剥離した渦による背圧が断面の下流側に働き, その背圧と上流側の圧力が相殺し, その割合が $\theta = 12^\circ$ の場合は大きく, $\theta = 14^\circ$ のときは小さいために図5のような傾向になったのではないかと考えられる. 抗力が最小値である $\theta = 12^\circ$ の場合は, 他の場合に比べて耐風性が良いと考えられる.

4-2 揚力係数とウェブ傾斜角の関係

図6によると, 揚力係数はウェブ傾斜角 $\theta = 10^\circ \sim 13^\circ$ では値が負となり, $\theta = 12^\circ$ のとき最小で $C_L = -0.48$ となった. $\theta = 14^\circ \sim 16^\circ$ では値が正となり, $\theta = 16^\circ$ のとき最大で $C_L = 0.31$ となった. 揚力が負であるということは, 下向きに揚力が働くということであり, 正であるということは, 上向きに揚力が働くということである. 吊形式橋梁において, 揚力が下向きに働くとケーブルに引張力が作用し, 桁の剛性が間接的に大きくなり耐風性が良くなるのではないかと考えられている. このことより, ウェブ傾斜角が $\theta = 10^\circ \sim 13^\circ$ のときは $\theta = 14^\circ \sim 16^\circ$ に比べて耐風性が良くなる可能性があると考えられる. その中でも最小値を示している $\theta = 12^\circ$ のときが最も耐風性が良くなるものと考えられる.

5. 結論

応答実験結果においては, 五角形断面ではウェブ傾斜角が小さくなるに従ってその耐風安定性は良くなると考えられていた. しかし, 三分力測定実験結果によれば, ウェブ傾斜角が耐風安定性に与える影響は一義的ではないことが確認された. また, 本研究で対象としたものの中では三分力実験の結果より最も耐風性が良いのは $\theta = 12^\circ$ であった.

6. 今後の課題

ウェブ傾斜角が三分力特性に与える影響について検討を行ってきたが, その特性の発生メカニズムについては不明な点が多々あるため, 表面圧力特性の把握等を踏まえてメカニズムの解明, さらに耐風特性に優れた経済的な桁断面の開発を行うことにしている.

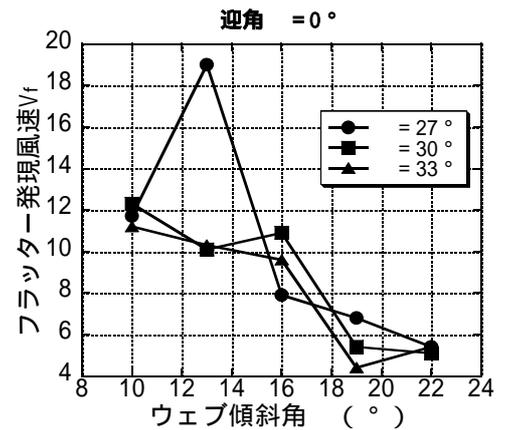


図4 既往の研究の応答図

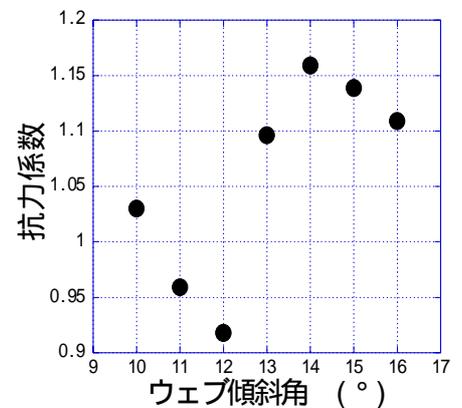


図5 抗力係数とウェブ傾斜角の関係

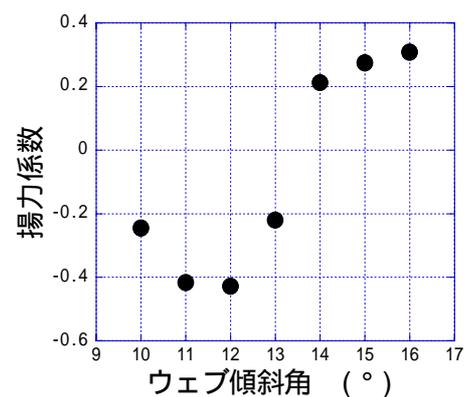


図6 揚力係数とウェブ傾斜角の関係