

五角形断面桁の底面傾斜角 12° における応答特性

九州工業大学 学生員 ○辻栄治 吉田健太 久積和正
九州工業大学 フェロー 久保喜延 正会員 木村吉郎 加藤九州男

1. はじめに 現在, 世界最長の明石海峡大橋を超える超長大橋の議論が行われているが, その実現に向けては吊橋の空力弾性振動に関する更なる研究が必要である. 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が, 経済性やメンテナンスを考えるとフェアリング等の付加部材の使用は好ましくない. そこで, 空力的付加部材を使用しなくても耐風性が得られ, かつ経済性に優れた五角形断面桁が提案された. 本研究では五角形断面桁について応答実験, 三分力実験を通して断面のウェブ高を変化させることで五角形断面桁の対風特性を明確にすることを目的とした.

2. 実験概要 2-1 1 自由度ねじれ応答実験 実験には $1780\text{mm} \times 910\text{mm}$ の測定断面をもつ回流式風洞を使用し, 一様流中において, ねじれ 1 自由度応答実験を行った. 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, 底面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が既往の研究より確認されている. 図-2 において, 底面傾斜角 $\theta = 10^\circ, 11^\circ, 12^\circ, 13^\circ, 14^\circ, 15^\circ, 16^\circ$ の場合の既往の三分力測定実験結果を示す. 風荷重に対して最も影響が大きいのは抗力係数 C_D であり, 底面傾斜角 $\theta = 12^\circ$ のとき最小となった. さらに, 図-3 において, 揚力係数 C_L に着目すると, 底面傾斜角 $\theta = 10^\circ \sim 13^\circ$ 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, 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, 構造系の剛性が増加し, 耐風性が向上する可能性があると考えられる. そこで, 図-1 に示す五角形断面剛性模型を用い, 本研究では底面傾斜角 $\theta = 12^\circ$ と固定して, $B/H = 4, 4.56, 5, 5.78$ と変化させ, 桁高の変化による応答特性, さらに迎角 α (頭上げを+側とする) の変化による応答特性への影響も検討した.

2-2 三分力測定実験 実験には測定断面が $1800\text{mm} \times 1100\text{mm}$ の境界層型波浪風洞縮流部を使用し, 一様流中において三分力測定実験を行った. 応答実験と同様に $\theta = 12^\circ$ と固定して, B/H および迎角 α を変化させ, その三分力特性を検討した.

3. 実験結果および考察 3-1 1 自由度ねじれ応答実験 各 B/D の応答図を 図-4~7 に示す. $B/D = 5.78$ においては, 迎角 $\alpha = -6^\circ \sim +3^\circ$ の範囲でフラッターは発現せず, $\alpha = +4^\circ, +6^\circ$ でフラッターが発現した (図-4). $B/D = 5$ においては, 迎角 $\alpha = -5^\circ \sim +3^\circ$ の範囲でフラッターは発現せず, $\alpha = -6^\circ, +4^\circ, +6^\circ$ でフラッターが発現した (図-5). $B/D = 4.56$ においては, $B/H = 5$ と同様に迎角 $\alpha = -5^\circ \sim +3^\circ$ の範囲でフラッターは発現せず, $\alpha = -6^\circ, +4^\circ, +6^\circ$ でフラッターが発現した (図-6). $B/D = 4$ においては, 迎角 α

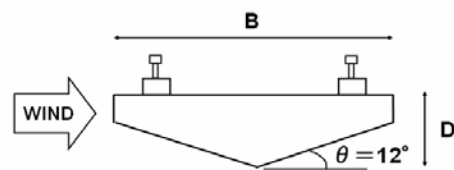


図-1 模型断面

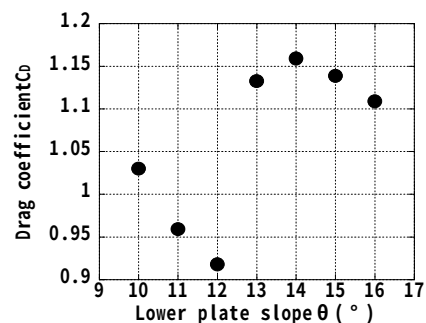


図-2 抗力係数とウェブ傾斜角の関係

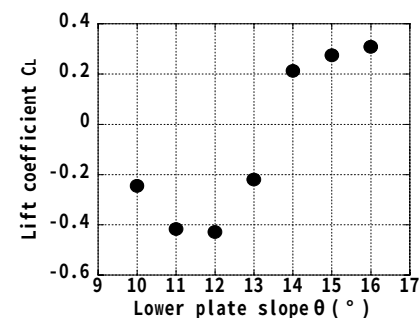
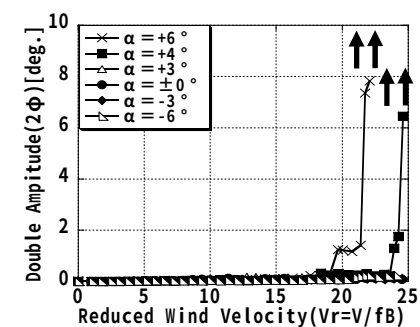
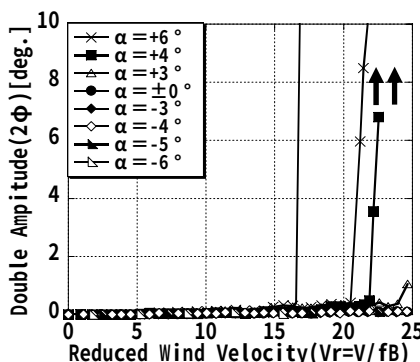


図-3 揚力係数とウェブ傾斜角の関係

図-4 $B/D = 5.78$ の応答図図-5 $B/D = 5$ の応答図

$\alpha = -4^\circ \sim +2^\circ$ の範囲でフラッターは発現せず、 $\alpha = -6^\circ, -5^\circ, +3^\circ, +4^\circ, +6^\circ$ でフラッターが発現した (図-7)。以上のことより、それぞれの B/D についてフラッターが発現する境界の迎角を表-1 に示す。 B/D が小さくなるに従って、つまりウェブ高が大きくなるに従ってフラッターが発現する迎角の境界が小さくなり、さらに同じ迎角でフラッターが発現しても B/D が小さくなるに従ってそのフラッター発現風速は低くなっている。このことより、五角形断面桁においては、桁上面の断面形状が一定であっても、ウェブ高が変化すると桁周辺の流れ特性も変化することが確認でき、ウェブ高が大きくなるに従ってその耐風特性は悪くなるといえる。また、 $B/D=4$ に着目すると、 $\alpha = +4^\circ$ よりも $\alpha = +6^\circ$ の方がフラッター発現風速は低くなっている。他の B/D においては迎角 α の絶対値が大きくなると耐風性が悪くなる傾向にあり、 B/D が小さくなると迎角 α に対して耐風性が安定しないと考えられる。さらに、迎角 α の+, -について考察すると、全ての B/D において、迎角の+側よりも一側のほうが耐風性がよい結果となり、底面傾斜角 $\theta = 12^\circ$ の五角形断面は、頭下げの迎角に対して耐風性が良好であると考えられる。

3-2 三分力測定実験 横軸に迎角 α 、縦軸に抗力係数 C_D 、揚力係数 C_L としてそれぞれ図-8, 9 に示す。図-8 より、各 B/D における抗力係数 C_D の迎角 α に対する勾配を考察すると、+側の迎角では B/D が大きくなるに従って、その勾配は大きくなり、一側の迎角ではその勾配は小さくなる傾向となった。これは図-9 における揚力係数 C_L についても同様の傾向が見られたことから、 B/D が大きくなると、+側の迎角よりも一側の迎角に対して耐風性が良いことが分かる。また、迎角 $\alpha = 0^\circ$ の場合の抗力係数 C_D 、揚力係数 C_L のそれぞれの値を比較すると、 B/D が大きくなるに従って、抗力係数 C_D の値は小さくなり、負の値を示す揚力係数 C_L の値も小さくなる、つまり下向きに働く揚力成分が大きくなっていることから、 B/D が大きくなると耐風性が向上するという結果を得た。

4. まとめ (1) 五角形断面桁においては、桁上面の断面形状が一定であっても、ウェブ高が変化すると桁周辺の流れ特性も変化することが確認できた。応答実験と三分力実験を比較すると、共に B/D が大きくなるに従って耐風性が良くなり、応答は制御できると考えられる。(2) 底面傾斜角 $\theta = 12^\circ$ の五角形断面桁では、どのような B/D においても迎角の+側よりも一側のほうが耐風性がよい結果となり、頭下げの迎角に対して耐風性が良好であると考えられる。

5. 今後の課題 上述した実験結果を踏まえ、本研究における底面傾斜角 $\theta = 12^\circ$ において最も耐風性の悪かった $B/D=4$ に着目し、圧力測定実験を行うことによって、五角形断面桁の風速、応答に対する圧力値の依存性を調べ、フラッター発現のメカニズムの解明、またその抑制策の検討を行う。

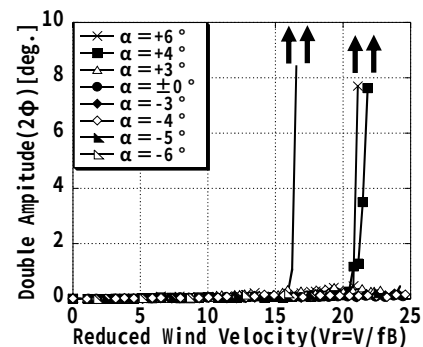


図-6 $B/D = 4.56$ の応答図

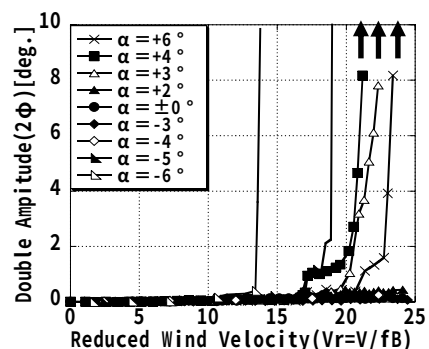


図-7 $B/D = 4$ の応答図

表-1 フラッターが発現する迎角の境界

b/d 迎角	4	4.56	5	5.78
一側	-5°	-6°	-6°	なし
+側	$+3^\circ$	$+4^\circ$	$+4^\circ$	$+4^\circ$

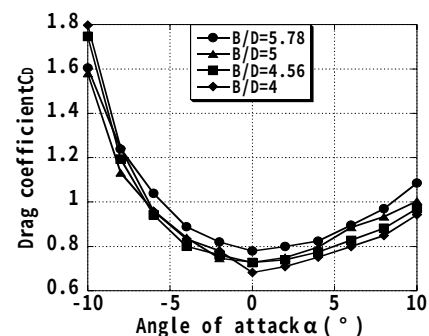


図-8 抗力係数 C_D

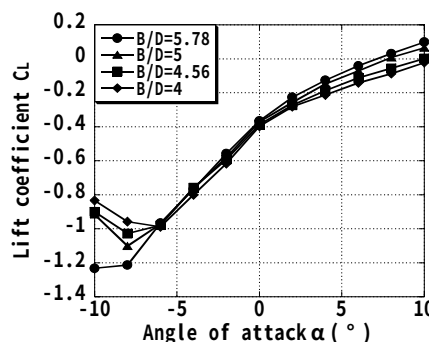


図-9 揚力係数 C_L