

五角形断面桁の形状パラメーターが与える空力特性に関する研究

九州工業大学大学院 学生員 ○野田辰徳 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

三井住友建設株式会社 非会員 吉田健太

1. はじめに 近年の架橋技術はめざましい発展を遂げており、その架橋技術の発展により、現代では明石海峡大橋や多々羅大橋などの長大橋が建設された。そして現在、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、施工性や経済性を考慮すると付加部材の使用は好ましくない。また、長大橋の建設には莫大な建設費用を要し、建設コスト削減が強く要求される現在において長大橋の建設を可能にするためには、経済性についての検討も必要である。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に着目した¹⁾。本研究では五角形断面桁について風洞実験を通して断面の底面傾斜角 θ および桁高 D を変化させることで五角形断面桁の対風特性を明確にし、長大橋用補剛桁としての最良の五角形断面桁形状を提案することを目的とした。

2. 既往の研究 図-1 に示す五角形断面桁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周辺の流れ特性も変化することが既往の研究により確認されている²⁾。上面剥離角 β を $\beta = 27^\circ$ に固定し、底面傾斜角 θ を $\theta = 10^\circ$ から 16° まで 1° 刻みに変化させた場合の既往の三分力測定実験結果を図-2、図-3 に示す。風荷重に対して最も影響が大きい抗力係数 C_D は底面傾斜角 $\theta = 12^\circ$ のとき最小となり、揚力係数 C_L においても $\theta = 12^\circ$ のとき負の値を示し最小となった。さらに、 $\theta = 12^\circ$ 、 $\beta = 27^\circ$ に固定して、幅員桁高比 B/D を $B/D = 4, 4.56, 5, 5.78$ と変化させ、桁高の変化による応答特性、さらに迎角 α の変化による応答特性への影響を検討した。その結果、 B/D が小さくなるに従ってフラッターが発現する迎角の範囲が小さくなり、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た。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、桁高が変化すると桁周辺の流れ特性が変化し、桁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。

3. 実験概要および結果・考察

3-1 三分力測定実験 既往の研究の三分力測定実験では抗力係数、揚力係数共に $\theta = 12^\circ$ から 14° にかけて急激に変化している。そのため $\theta = 12^\circ$ から 14° は予期せぬ現象が生じる可能性があるという懸念が残った。そこで本研究では、より詳細な底面傾斜角の影響について検討するために、上面剥離角 β を $\beta = 27^\circ$ に固定し、幅員桁高比 B/D が $B/D = 4.0, 4.5, 5.0$ の場合について $\theta = 11^\circ$ から 14° まで 0.5° 刻みに変化させ、それぞれにおいて迎角 α を $\alpha = -6^\circ$ から $+6^\circ$ まで 2° 刻みに変化させた。

図-4、図-5 に測定した三分力のうち $B/D = 5.0$ の場合について迎角 α に対する抗力係数 C_D 、揚力係数 C_L を示

キーワード：五角形断面桁、底面傾斜角、幅員桁高比、抗力係数、揚力係数、フラッター

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 FAX 093-884-3100

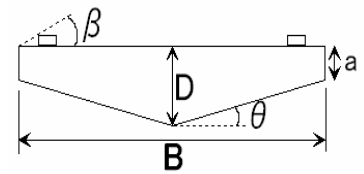


図-1 模型断面図桁

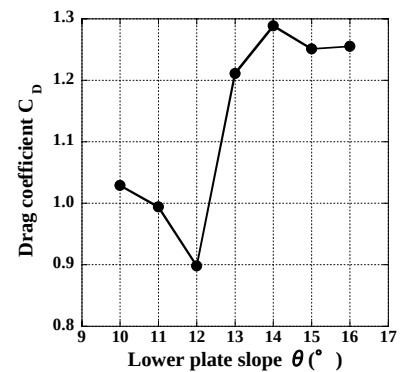


図-2 底面傾斜角と抗力係数の関係

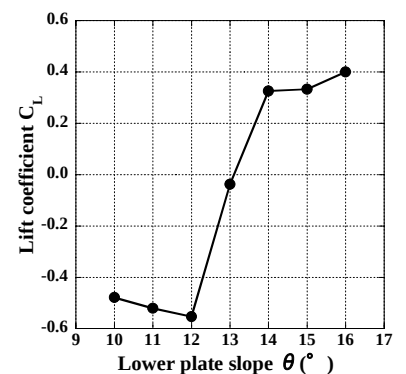


図-3 底面傾斜角と揚力係数の関係

す。図-4 をみると $\theta=13^\circ$ から 14° の場合は迎角が変化することによって、抗力係数の値も大きく変化しているのに対し、 $\theta=11^\circ$ から 12.5° の場合では迎角が変化しても抗力係数の値はそれほど変化せず、さらに相対的に値が小さくなっている。図-5 をみると、揚力係数の値は、 $\theta=13^\circ$ から 14° の場合では $\alpha=0^\circ$ 以上になると正の値を示し、 $\alpha=-2^\circ$ 以下になると負の値を示す。しかし、 $\theta=11^\circ$ から 12.5° の場合では迎角が変化しても常に負の値を示し、各々の θ に顕著な差は見られない。

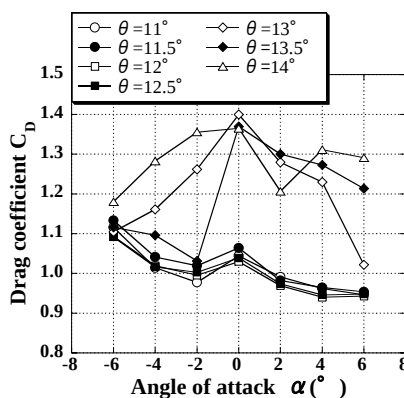


図-4 抗力係数と迎角の関係
($B/D=5.0$)

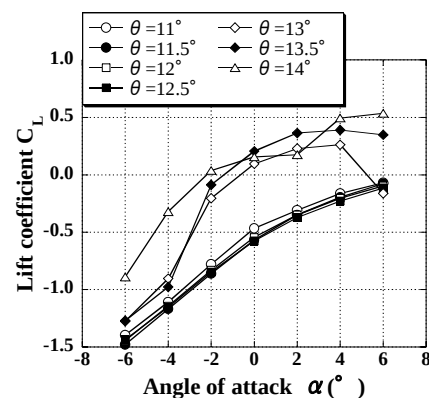


図-5 揚力係数と迎角の関係
($B/D=5.0$)

図-6, 図-7 に迎角 $\alpha=0^\circ$ の場合について底面傾斜角 θ に対する抗力係数 C_D , 揚力係数 C_L を示す。図-6 の抗力係数において、 $\theta=13.5^\circ, 14^\circ$ の場合は各 B/D での差は小さいが相対的に値が大きい。 $B/D=5.0$ の場合では $\theta=12.5^\circ$ から 13° にかけて値が急激に変化しており、 $B/D=4.0, 4.5$ の場合では $\theta=13^\circ$ から 13.5° にかけて急激に変化している。よって、この領域は既往の研究同様、予期せぬ現象が生じる可能性がある。 $\theta=11^\circ$ から 12° の場合は B/D による差はほぼ無く、相対的に値が小さい。また、図-7 の揚力係数においても抗力係数と同様の傾向を示しており、 B/D に関わらず負の値を示したのは $\theta=11^\circ$ から 12.5° の場合であった。これらのことから、実橋に用いることができる底面傾斜角は $\theta=11^\circ$ から 12° であると考えられる。

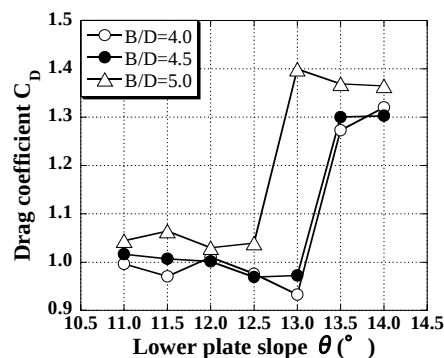


図-6 底面傾斜角と抗力係数の関係

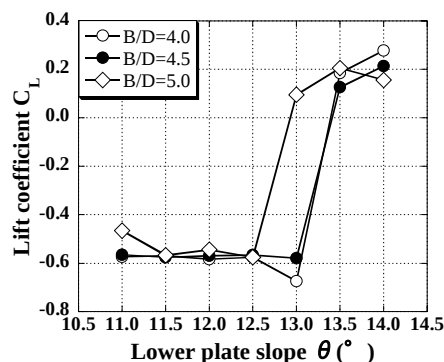


図-7 底面傾斜角と揚力係数の関係

3-2 ねじれ1自由度振動応答実験 3-1 の結果を考慮し、応答実験は迎角 $\alpha=0^\circ$ で幅員桁高比 B/D が $B/D=4.0, 4.5, 5.0$ の場合について $\theta=11^\circ, 11.5^\circ, 12^\circ, 12.5^\circ$ の場合の実験を行った。そのとき、より詳細な五角形断面桁の空力特性を検討するため、極慣性モーメントは対象橋梁のそれから算出した模型所要値の約 10 分の 1 の $0.00485 \text{ kgfm}^2/\text{m}$ に設定した。実験結果を図-8 に横軸に底面傾斜角、縦軸にフラッター発現風速として示す。プロットされていないケースは $V_r=20$ までにフラッターが発現しなかったものである。図より θ が大きくなるほど、そして B/D が大きくなるほどフラッター発現風速は高くなる傾向がある。よって、応答実験では $B/D=5.0$, $\theta=12.5^\circ$ の断面が良好な耐風性を有する断面であるといえる。

4. まとめ 本研究における実験の結果を総合して考察すると、幅員桁高比 B/D に関しては値が大きくなるに従って耐風性がよくなるといえる。そして、底面傾斜角 θ に関しては $\theta=12^\circ$ よりも 12.5° の方がフラッター発現風速は高いと推測できるが、三分力測定実験の結果から $\theta=12.5^\circ$ は空力特性が不安定であるという懸念が残った。以上のことから、耐風性の良い桁断面として、五角形断面桁形状の幅員桁高比が大きく底面傾斜角が $\theta=12^\circ$ であるものを提案する。

参考文献 1) 熊本県：御所浦第2架橋 技術検討報告書，2004.3

2) 久保喜延，他：五角形断面箱桁の底面傾斜角 12 度におけるウェブ高の空力特性に与える影響，第 61 回年次講演会講演概要集，1-085，pp169~170，2006

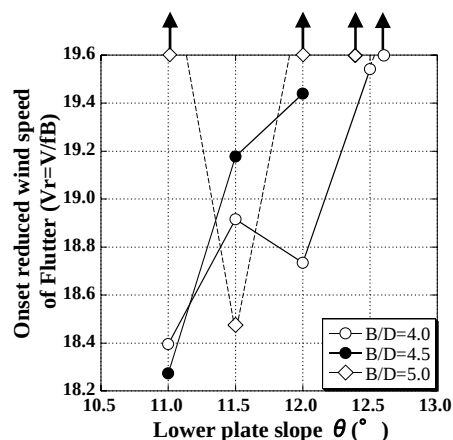


図-8 フラッター発現風速