五角形断面桁の空力特性に与える形状パラメーターの影響

九州工業大学大学院　学生員　○久積和正　吉田健太
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

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．そこで，空力弾性振動を抑制する手法の一つとして，剥離干渉法が提案された[1)～2)]．剥離干渉法の基本的な考え方としては，**図1**のように断面上流側に 2 つの剥離点を設けて，それぞれを 1 次剥離点，2 次剥離点とする．1 次剥離点からの剥離流を 2 次剥離点で制御することによって，空力弾性振動の原因となる剥離渦の生成を抑制するというものである．1 次剥離点と 2 次剥離点を結んだ線が水平線となす角を剥離角というが，剥離渦の生成を最も抑制できる剥離角は約 30°ということが分かっている[1)～2)]．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，耐久性に優れた五角形断面桁に着目した[3)]．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．実験には九州工業大学建設社会工学科所属の回流式空力弾性試験用風洞を使用し，一様流中において実験を行った．供試模型には**図2**に示すような五角形断面桁模型を用いた．

2．既往の研究

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[4)]．そのことから上面剥離角β＝27°に固定し，底面傾斜角θ＝10°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3**，**図4**に示す[5)]．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，それは底面傾斜角θ＝12°のとき最小となった．さらに，揚力係数C_Lにおいてもθ＝12°のとき負の値を示し最小となった．そしてその結果を考慮し，θ＝12°，β＝27°に固定して，幅員桁高比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．その結果からVr＝20 までにフラッターの発現する境界を**図5**に示す．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，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

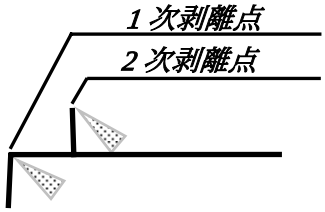

図1　剥離干渉法概略

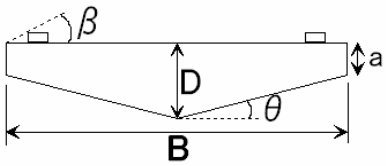

図2　模型断面図

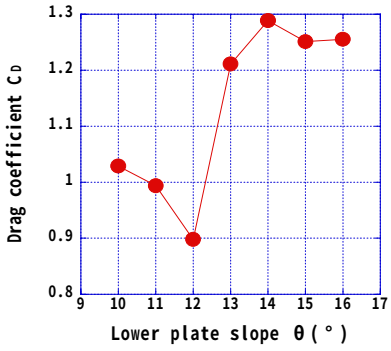

図3　底面傾斜角と抗力係数の関係

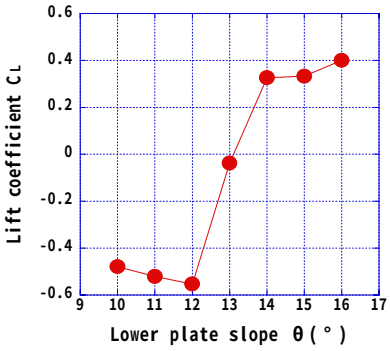

図4　底面傾斜角と揚力係数の関係

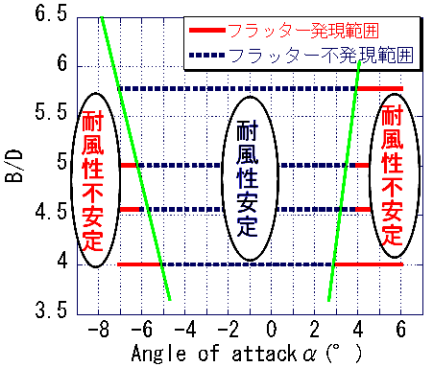

図5　フラッターが発現する境界

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θ＝12°～14°にかけて急激に変化している．そのためθ＝12°～14°は空力的に不安定な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幅員桁高比B/D=4.0，4.5，5.0 についてθ＝11°～14°まで 0.5°刻みに変化させた．**図6**，**図7**に測定された三分力のうち，迎角α＝0°の場合について底面傾斜角に対する抗力係数C_D，揚力係数C_Lを示す．**図6**の抗力係数において，θ＝13.5°，14°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 ではθ＝12.5°から 13°にかけて急激に変化しており，B/D＝4.0，4.5 ではθ＝13°から 13.5°にかけて急激に変化しているため既往の研究同様，空力的に不安定な可能性がある．θ＝11°～12°はB/Dによる差はほとんど無く，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θ＝11°～12.5°であった．これらのことから，実橋に用いることができる可能性がある底面傾斜角はθ＝11°～12°であると考えられる．

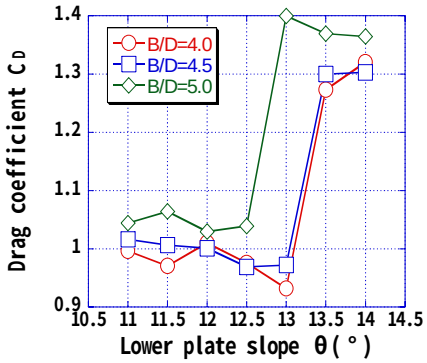

図6　底面傾斜角と抗力係数の関係

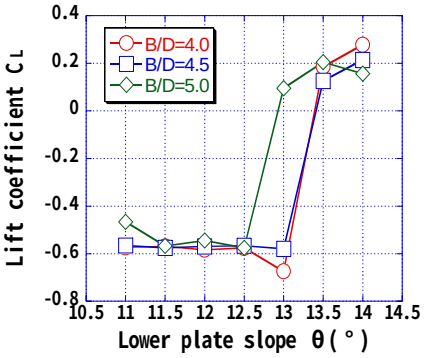

図7　底面傾斜角と揚力係数の関係

3－2 **ねじれ1自由度応答実験**　3－1 の結果を考慮し，応答実験は迎角α＝０°で幅員桁高比B/D=4.0，4.5，5.0 についてθ=11°，11.5°，12°，12.5°の実験を行った．そのとき，より詳細な五角形断面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0.00485kgfm^2/mに設定した．その結果を**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Vr=20 までにフラッターが発現しなかったものである．相対的にθが大きくなるに従って，そしてB/Dが大きくなるに従ってフラッター発現風速が高くなる傾向にある．よって，応答実験ではB/D＝5.0，θ＝12.5°の断面が良好な耐風性を有する断面であるといえる．

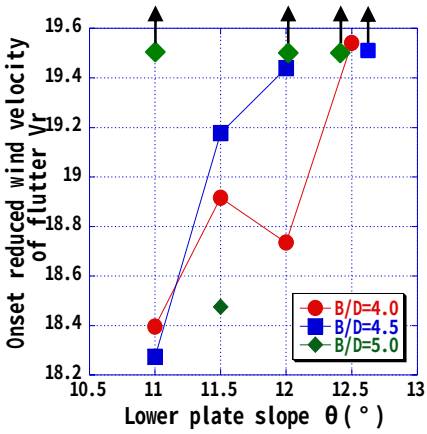

図8　フラッター発現風速

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，底面傾斜角に関してはθ＝12°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，三分力実験の結果からθ＝12.5°は空力特性が不安定であるという懸念が残った．これらのことから，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θ＝12°であるものを提案する．

参考文献

1）久保喜延，小石明，田崎賢治，中桐秀雄：橋梁断面における空力干渉作用メカニズムについて，第 13 回風工学シンポジウム論文集，pp.353-358，1994

2）久保喜延，皆田他：剥離干渉法による実橋断面の耐風特性に及ぼす高欄の影響，構造工学論文集，Vol.43A，1997

3）熊本県：御所浦第２架橋 技術検討報告書，2004.3

4）久保喜延，辻栄治：五角形断面の耐風性に与えるウェブ傾斜角の影響に関する研究，第 59 回年次講演会講演概要集，1-659，pp1315-1316，2004

5）久保喜延, 吉田健太:長大橋用五角形断面箱桁の空力特性に関する研究, 第 60 回年次講演会講演概要集, 1-304, pp605~606，2005