五角形断面桁の対風特性に与える底面傾斜角の影響に関する研究

九州工業大学大学院　学生員　○野田辰徳　フェロー　久保喜延
九州工業大学大学院　正会員　木村吉郎　正会員　加藤九州男　学生員　小野元嗣
鹿島建設株式会社技術研究所　正会員　大窪一正

1. はじめに　橋梁に風が作用すると，渦励振やギャロッピング，フラッターなどの空力弾性振動が発生し，破壊に至る危険性がある．このような，空力弾性振動を抑制する手法の一つとして，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好ましくない．そこで，構造部材のみで耐風性が得られ，かつ経済性に優れている五角形断面桁(**図-1**)に着目し，風洞実験を通して底面傾斜角 θ および桁高 D を変化させ五角形断面桁の対風特性を明確にしてきたところ，その対風特性は底面傾斜角 θ によって大きく異なることが明らかにされた．しかしながら，そのメカニズムについては解明されていないのが現状であり，このメカニズムが解明されれば，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新しい桁断面を提案できると考えられる．そこで，五角形断面桁において底面傾斜角が異なるとその対風特性も大きく異なるメカニズムについて検討を行った．

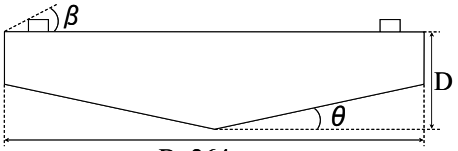

図-1　五角形断面桁断面図

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．ここでは上面の形状を固定し，幅員桁高比B/Dが 4.0，4.5，5.0 の場合において，底面傾斜角θを 11.0°から 14.0°まで 0.5°刻みに変化させた既往の三分力測定実験の実験結果について述べる．測定された三分力のうち，**図-2** に迎角 α=0°の場合について底面傾斜角θに対する揚力係数C_Lを示す. **図-2** より, θ=13.5°, 14.0°の場合はB/Dに関わらず正の値を示している．B/D=5.0 の場合ではθ=12.5°から 13.0°にかけて，B/D=4.0，4.5 の場合ではθ=13.0°から 13.5°にかけて値が大きく変化している．θ=11.0°から 12.5°の場合はB/Dに関わらず負の値を示した．このように，五角形断面桁の対風特性は底面傾斜角θによって大きく異なる．

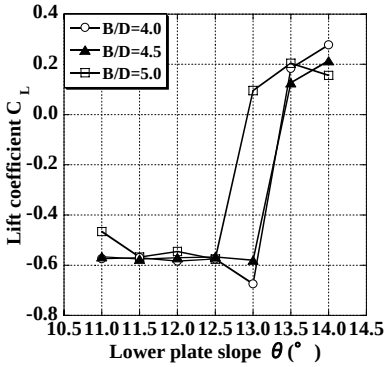

図-2　底面傾斜角と揚力係数

3. 底面傾斜部を対象とした検討

3-1　実験概要　まず, 桁高の影響を排除し底面傾斜角 θ の効果について検討するために，**図-3** に斜線で示す五角形断面桁の底面傾斜部に着目し，可視化実験及び流速測定を行った．実験は九州工業大学の可視化実験用小型風洞(測定断面：400mm×400mm)にて実施し，実験に用いた模型は**図-3** に示すように断面幅 B=122.5mm の透過性のあるアクリル製とした．可視化手法としてはスモークワイヤー法を用い，底面傾斜角 θ を 8°から 18°まで 2°刻みで変化させ計 6 ケースについて実験を行った．可視化実験時の風洞内の風速は，可視化映像が良好であった 0.6m/s とした．流速測定にはスプリットフィルムプローブを用い，θ が 12°の場合と 14°の場合について，断面周辺の流速を測定した．流速測定時の風洞内風速は 4.0m/s，6.0m/s とした．

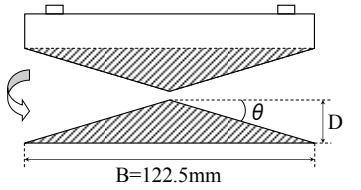

図-3　底面傾斜部断面図

3-2　可視化実験・流速測定結果　**図-4** に可視化実験で得られた映像のうち，θ=12°，14°の場合の静止画を示す．θ=12°の場合をみると，模型の上部や後流での流れにほぼ乱れが見られない．一方，θ=14°の場合をみると，底面傾斜部の頂点から流れが剥離し，模型後流で渦が発生している．**図-5** に風洞内

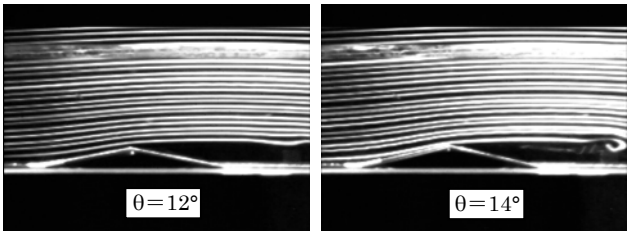

図-4　可視化実験静止画

キーワード：五角形断面桁，底面傾斜角，幅員桁高比，揚力係数，平均風速比
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

風速が 6.0m/s の場合の θ=12°，14°における流れ主流方向の平均風速比分布を示す．横軸は X/B，縦軸は Y/D の値である．θ=12°の場合では，模型の後流に逆流の発生がないが，θ=14°の場合では，模型の後流で逆流が発生している．また，θ=14°の場合の方が模型上面後流側から模型後流にかけての低風速域が θ=12°の場合より広く，頂点からの剥離が大きいと考えられる．以上より，底面傾斜角の違いは底面傾斜部の頂点からの剥離の大きさに影響し，剥離後の流れ場が大きく異なるため，対風特性が大きく異なると考えられる．

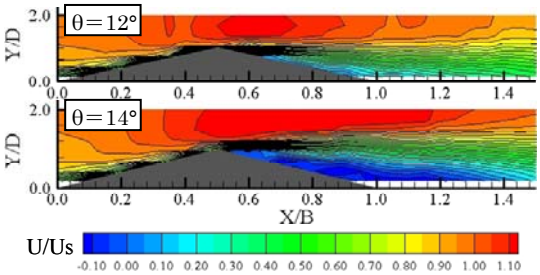

図-5 平均主流方向風速比分布図

4. 五角形断面桁を対象とした検討

4-1 実験概要 前述した底面傾斜部のみを対象とした場合の結果は，実際の五角形断面桁周辺の流れ場と大きく異なる可能性がある．そこで，五角形断面桁を対象として表面圧力測定および PIV を用いた流速測定を行った．実験は鹿島建設技術研究所の可視化風洞(測定断面 高さ 1200mm×幅 900mm)にて実施し，実験に用いた模型は，桁断面が**図-1** に示す五角形断面である，桁幅 B=264.0mm の 2 次元模型を用いた．実験ケースは，既往の研究および前章までの結果より，幅員桁高比 B/D を 4.0, 4.5, 5.0 とし，それぞれの場合において底面傾斜角 θ を 12°，14°とした．また，圧力測定時の風洞内風速は 3.1m/s，12.4m/s，PIV による流速測定時の風洞内風速は 12.4m/s とした．

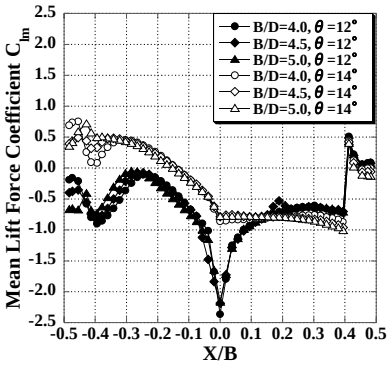

図-6 平均揚力係数C_{lm}分布

4-2 圧力測定・PIVによる流速測定結果 圧力測定結果を縦軸に平均揚力係数C_{lm}を，横軸にX/Bをとり平均揚力係数分布として**図-6** に示す．ここで，平均揚力係数C_{lm}とは，五角形断面桁の上面と底面における平均圧力係数の揚力成分の差である．**図-6** を見ると，底面傾斜角θの違いにより，五角形断面桁の中央付近から上流側(X/B=-0.5~0.1)に作用する揚力に大きな差が生じており，θ=12°の場合の方が負の揚力が大きい．このため，**図-2** に示すように，底面傾斜角θによって揚力係数に差が生じると考えられる．次に，B/D=4.5 の場合における底面傾斜部周辺の平均風速比分布図を**図-7** に示す．横軸はX/B，縦軸はY/Dの値である．これよりθ=12°の場合においては，底面傾斜部の頂点と上流端において高風速となっているが，θ=14°の場合ではさほど高風速にはなっていない．ここで，底面傾斜部の頂点下部における気流の傾斜角を，縦軸にY/D，横軸に気流傾斜角 φ をとり**図-8** に示す．**図-8** よりθ=12°の場合，ほぼφ=0°であるのに対し，θ=14°の場合，頂点付近では断面下方向に向かうような負傾斜角の流れとなっている．以上より，θ=12°の場合，底面上流端付近や頂点付近で高風速域が発生し，流れが断面に沿って流下する．このため，上流端付近や頂点付近で大きな負圧が作用し，**図-6** に示したように揚力に差が生じると考えられる．

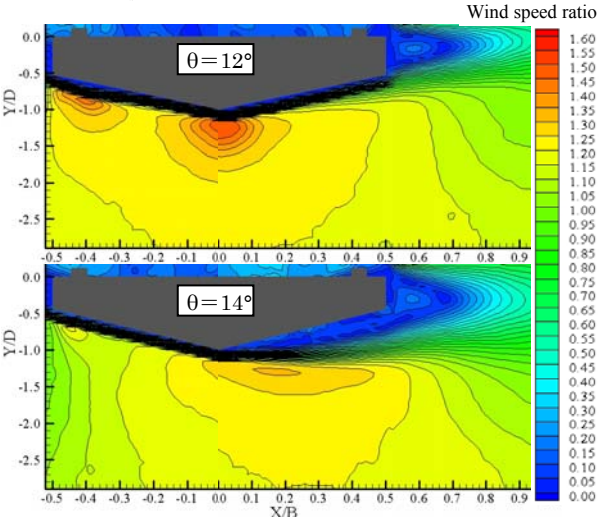

図-7 底面傾斜部平均風速比分布図(B/D=4.5)

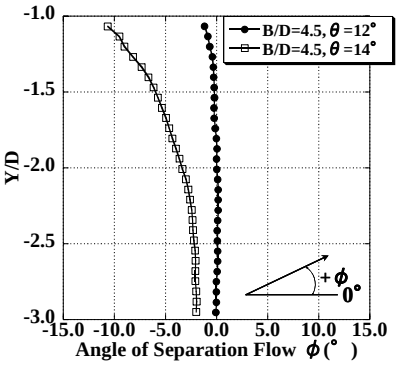

図-8 頂点下部における気流傾斜角

5. まとめ 五角形断面桁において，底面傾斜角が異なるとその対風特性も大きく異なるメカニズムについて検討を行った．その結果を総合して考察すると，底面傾斜角が 12°である場合，底面では断面に沿うような流れとなり上流付近や頂点付近において高風速となる．そのため，底面傾斜角が 14°の場合とは底面での表面圧力分布が大きく異なり，対風特性が大きく異なると考えられる．

参考文献 久保喜延他: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，第 62 回年次学術講演会講演概要集，第 I 部門，I -160