

五角形断面桁の耐風性向上に関する研究

九州工業大学大学院 学生会員○山崎香織 非会員 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 従来、橋梁桁断面の空力弾性振動を抑制するためにフェアリング部材を取り付けていたが、五角形断面はフェアリング部材を用いなくても振動を抑制できる可能性を秘めている。しかしながら、五角形断面についての研究はあまり行われておらず、そのメカニズムはまだ解明されていない。そこで、本研究においては、ウェブ傾斜角が五角形断面の渦励振発生、フラッター発生に及ぼす影響を可視化実験により検討した。

2. 実験概要 実験には可視化実験用小型風洞(測定断面 400mm×400mm)を使用し、スモークワイヤー法を用いて、可視化に最も適した風速 $V=0.6\text{m/s}$ で実験を行った。供試模型には $B=120\text{mm}$ となる五角形断面模型を使用した。実験は模型を静止した状態と加振させた状態とで行われた。静止時の実験ケースとしては図-1 に示す傾斜角を $\theta=10^\circ, 13^\circ, 16^\circ, 19^\circ, 22^\circ$ と変化させ、床版上部には剥離干渉法を用いて、第一剥離点と第二剥離点とを結ぶ角度を 30° にするために $(b, h)=(5\text{mm}, 3\text{mm}), (7\text{mm}, 4\text{mm})$ の二つのパターンの実験を行った。また加振時の実験ケースとしては五角形桁断面応答実験で発生した渦励振発生時、フラッター発生時の影響を見るため、振動数を変化させることにより換算風速を一致させて測定を行った。これらの実験ケースを表-1 に示し、比較のために応答実験結果を図-2, 3 に示す。

3. 実験結果 **3-1 静止時** 結果を写真-1 に示す。写真-1 より、 $b/h(\text{mm})$ を $7/4$ と一定にしているが、 θ を 10° から 22° まで変化させていくに従って床版上面で発生する剥離渦が風上側に移動している様子が観測された。 $b/h(\text{mm})$ を $5/3$ と一定にしたときも同じ現象となった。図-4 に、縦軸を“渦の巻きこみ位置/模型の幅”，横軸を“ウェブ傾斜角”としたグラフを示す。この結果によれば静止時には、五角形断面では床版上面の断面形状を固定して、ウェブ傾斜角を増大させていくと、ウェブ傾斜角が大きくなるに従って、上流側での剥離流れは風向直角成分の影響を大きく受けることとなり、床版上面での剥離渦の巻き込み位置が傾斜角に対して線形的に風上側に移動していることがわかる。

3-2-1 フラッター発生時 フラッター発生時の流れを把握するため、換算風速 $V_r=8$ で可視化実験を行なった。写真-2 は $\theta=16^\circ$ 、迎角 $\alpha=0^\circ$ (フラッター発生せず)、写真-3 は $\theta=16^\circ$ 、迎角 $\alpha=3^\circ$ (フラッター発生) の場合の流れの映像である。写真 2, 3 によると、迎角を変化させることで、床版上部の渦においては顕著な違いは見られないが、床版下部の渦に着目すると明らかに渦の巻き込み周期が異なることが分かる。



図-1 模型断面

表-1 加振時実験ケース

α°	迎角($^\circ$)	
	渦励振	フラッター
13	0, -3	0, 3
16	0, -3	0, 3
19	0, -3	0, 3

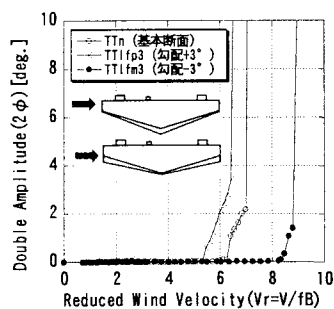
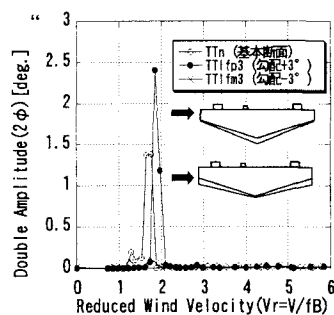
図-2 五角形断面応答 迎角 3° 図-3 五角形断面応答 迎角 -3°

表-2 後流渦の周波数

実験ケース		f(Hz)
$\alpha=0^\circ$ フラッター発生せず	床版上部	7.278
	床版下部	7.278
$\alpha=3^\circ$ フラッター発生	床版上部	7.278
	床版下部	4.848

また、これらの渦の周波数を計算すると、表-2 のような結果となった。表-2 より、フラッターが発生しないケースにおいては後流渦の振動数が(床版上部)/(床版下部)=1 となるのに対し、フラッターが発生するケースでは(床版上部)/(床版下部)=3/2 となった、また、 $\theta=13^\circ$ 、 19° においても同じような結果が得られた。フラッターが発生する際は床版上部と床版下部での後流渦の周期に違いが見られた。すなわち、床版の上部と下部で位相がずれることにより、桁断面が不安定になり、フラッターが発生しやすくなったものと考えられる。

3-2-2 渦励振発生時 ねじれ渦励振発生時の流れを把握するため、換算風速 $Vr=2$ で可視化実験を行なった。ねじれ渦励振は、迎角 $\alpha=0^\circ \sim 3^\circ$ ともに発生していたが、2つのケースにおいてフラッターの後流渦で見られたような顕著な違いは見られなかった。また、フラッター発生時のケースと同様に床版上部、床版下部で発生した後流渦の周波数を計算したところ、迎角 $\alpha=0^\circ$ 、 -3° ともに $f=2.8\text{Hz}$ となった。ねじれ渦励振発生時の映像を写真-4、5 に示す。渦励振については可視化映像だけでは詳しいメカニズムを解明することができなかった。今回の可視化実験では風速を一定にし、強制的に模型を加振させている。可視化映像で得られた後流渦の振動数は床版上部のもの、床版下部のものともに $f=2.8\text{Hz}$ であり、模型を強制的に振動させた振動数 $f=2.5\text{Hz}$ とほぼ等しい。カルマン渦励振は構造物の固有振動数と後流渦の振動数が一致したときに起こる現象であることから五角形断面の $Vr=2$ で起こる振動はカルマン渦励振であると考えられる。

4. まとめ (1) 静止時において床版上面の剥離渦の再付着点はウェブ傾斜角に影響を受ける。(2) フラッターが発生する場合、床版上面と下面で発生する剥離渦の周波数が異なる。このことがフラッター発生メカニズムに関係すると考えられる。(3) 五角形断面で発生する渦励振はカルマン渦励振であると考えられる。

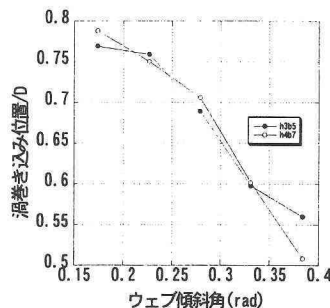


図-4 渦巻き込み位置とウェブ傾斜角の関係

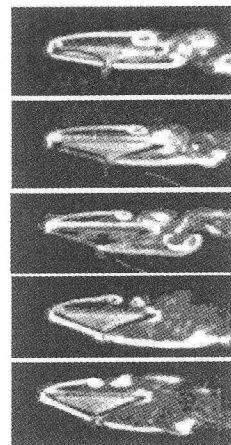


写真-1 静止時の可視化映像

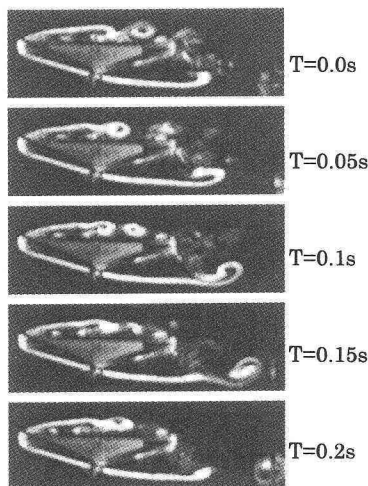


写真-2 $\theta=16^\circ$ $\alpha=0^\circ$
 $Vr=8$

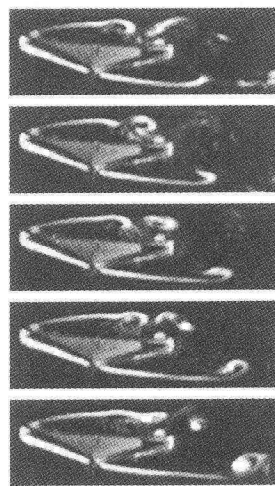


写真-3 $\theta=16^\circ$ $\alpha=3^\circ$
 $Vr=8$

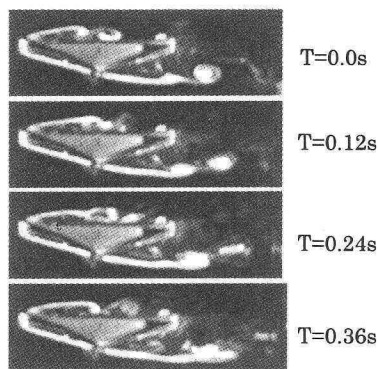


写真-4 $\theta=16^\circ$ 迎角 $\alpha=0^\circ$
 $Vr=2$

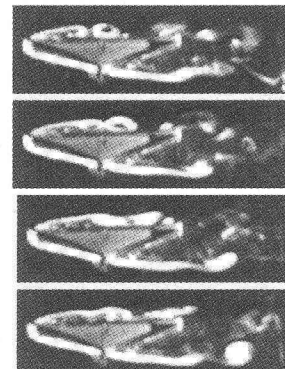


写真-5 $\theta=16^\circ$ 迎角 $\alpha=-3^\circ$
 $Vr=2$