

PIVによる角柱の空力応答制振における剥離干渉メカニズムに関する研究

九州工業大学大学院 学生員 池田隼人 田中洋介
九州工業大学 正会員 久保喜延 木村吉郎 加藤九州男
(株)鹿島建設 正会員 林田宏二

1. はじめに

橋梁断面に生じる空力弾性振動は、構造物上流側隅角部から剥がれた流れが流下する際に生じる剥離渦が引き起こす現象であるという考えにたち、この上流側で生じる剥離渦を制御することで、空力弾性振動を抑制しようとする研究が久保によりなされており、この手法は剥離干渉法と命名された。

剥離干渉法とは 図-1 に示すように断面上に1次剥離点と2次剥離点を設置し、それぞれの剥離点からの剥離流の干渉効果により、空力弾性振動の原因となる剥離渦の生成を抑制しようとするものである。この剥離干渉法の制振効果は確認されているが、詳細なメカニズムは解明されていない。そこで本研究は、剥離干渉法のメカニズム解明を目的とした。

2. PIVによる流体測定技術

実験に用いた粒子画像流速測定法(PIV: Particle Image Velocimetry)は構造物の複雑な流れを測定する際に有効な技術である。この手法は風洞内にトレーサー粒子を混入させ、その画像を解析することによって空間場の瞬時の風向と風速を得る方法である。PIVの基本原理としては、風の流れに混入させたトレーサー粒子に向けて、2台のレーザー発振器からシート状に広げたレーザー光(レーザーライトシート)を非常に短い間隔で2回照射し、これを高解像度CCDカメラで撮影する。この2枚の画像を1組として、画像間の相互相関を解析してトレーサー粒子の移動量と方向を計算することにより、数千点に及ぶ風向・風速を求めることが出来る技術である。

3. 実験方法

3-1 概要 たわみ1自由度応答実験には九州工業大学の境界層風洞(測定断面高さ1.8(m)、幅1.1(m))を使用し、一様流中で測定を行った。PIV実験には、鹿島技術研究所可視化風洞(測定断面2.0×1.2×14.6(m))を使用した。

3-2 実験ケース 実験に用いた断面は、図-2に示すように完全剥離型断面である正方形角柱を用いた。この断面にh=10mmの鉛直板を設置し、1次剥離点と2次剥離点のなす角度を剥離点間設定角度とし、 $\theta=0$ (鉛直板なし)、20、25、30、35、40(°)と変化させて実験を行った。PIVを用い、静止時及び加振時において実験を行った。加振時では、図-3に示すように1周期を8分割させて点a~hで撮影を行った。測定風速としては、図-4に示す応答図から無次元風速 $V_r=4$ および $V_r=10$ とした。測定ケースは静止時6ケース、加振時14ケースである。

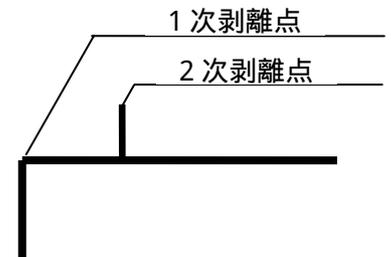


図-1 2個の剥離点の定義

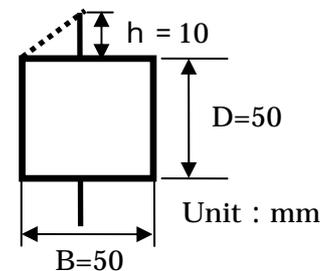


図-2 完全剥離型断面

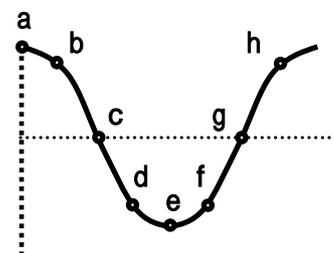


図-3 加振時撮影点

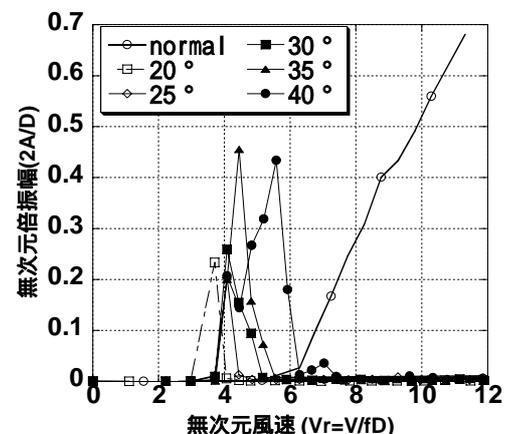


図-4 B/D=1.0 正方形角柱応答図

キーワード：剥離干渉法，PIV，正方形角柱

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 (093)-884-3109

4. 実験結果と考察

4-1 静止時 図-6 に各剥離点間設定角度 における模型背面隅角部での模型上面から測定風速が発生する位置を示す。測定風速は $V=1.0\text{m/s}$ である。図-6 から、剥離点間設定角度 $= 30^\circ$ の断面では、どの角度 の断面よりも模型上面から近い位置で、測定風速域が発生している。図-5 模型背面隅角部での模型上面近傍で測定風速が発生していることから、 $= 30^\circ$ の断面での平均的な流れは、剥離が小さく流線型に近い流れとなっていると考えられる。

4-2 加振時 4-2-1 無次元風速 $V_r=10$ での流体挙動

模型上下面での流れの違いが、模型が振動する原因と考えられることから、無次元風速 $V_r=10$ での基本断面と鉛

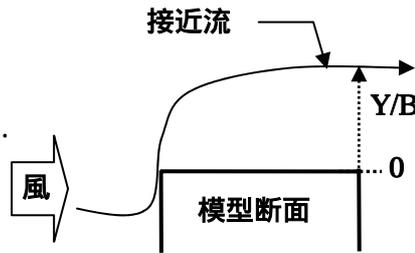


図-5 模型背面隅角部での測定位置

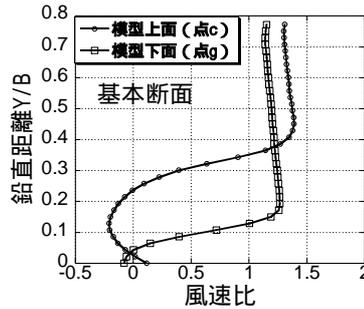


図-7 模型断面中央位置での模型上下面における風向風速比分布図

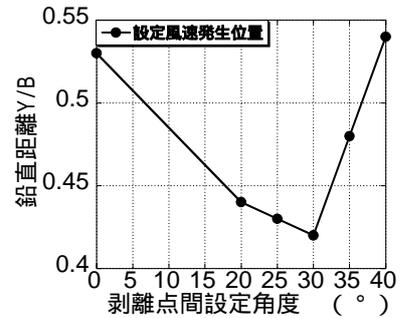
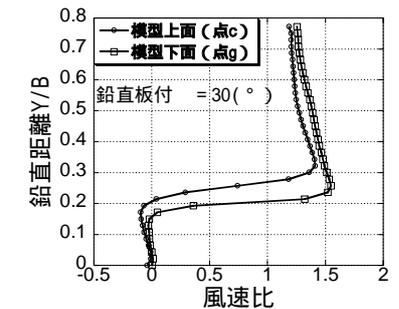


図-6 各剥離点間設定角度 における模型背面での測定風速発生位置



直板付 $= 30^\circ$ の断面の模型上面と下面の流れを比較する。断面中央における模型上面の主流方向風向風速比分布図を図-7 に示す。ここで、点cの逆位相である点gの上面での流れを点cでの下面での流れとした。基本断面では、下面で上面より模型近くで大きい風速比が出ていることから、下向き振動時である点cにおいて、下面で上面より大きな負圧が働き、自励空気力が大きくなっていると考えられる。その結果、振幅が大きくなると考えられる。鉛直板付 $= 30^\circ$ の断面の場合は、上面と下面の風速比の差が小さいことから、上面と下面で同程度の負圧が働き、負圧が上下面で相殺すると考えられる。このことから、鉛直板付 $= 30^\circ$ の断面では、振幅がほとんど生じなかったと考えられる。

4-2-2 無次元風速 $V_r=4$ での流体挙動

無次元風速 $V_r=4$ での各剥離点間設定角度 の断面による模型周辺の流れの違いを把握するために、模型背面の流れを比較する。図-8 から $= 20^\circ$ の断面における模型上面の流れは、 $= 25 \sim 40^\circ$ の断面と比べて異なっている。 $= 20^\circ$ の断面を除いて、どの角度 においても風速比が負の範囲、つまり逆流域が発生している。図-4 に示した応答結果から、無次元風速 $V_r=4$ で $= 20^\circ$ では応答が生じていない。このことから、この逆流域の大きさ、発生範囲が各剥離点間設定角度 における応答の違いを生じさせているのではないかと考えられる。

5. まとめ

鉛直板を設けることで、応答を抑えることができ、また PIV を用いて、剥離干渉法のメカニズムの解明ができることが分かった。

6. 今後の検討課題

無次元風速 $V_r=4$ での異なる剥離点間設定角度 の断面での流れ場の違いの明確化や、PIV において、模型近傍において、エラーベクトルが多く発生したため、精度が悪くなった。模型近傍での精度をよくするために、最適なカメラアングルや模型の乱反射を抑えることが必要である。

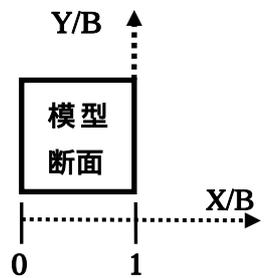


図-7 $V_r=4$ における測定位置

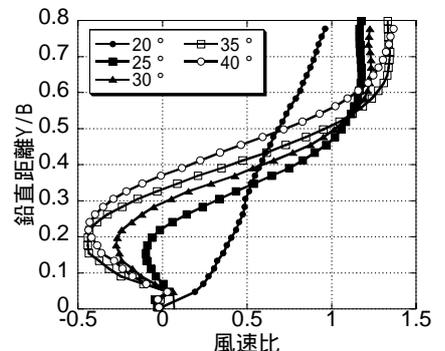


図-8 点cにおける模型背面における風向風速比分布図