

2 段剥離が後流域の風速分布に及ぼす影響

1100440 三谷 託摩

高知工科大学 工学部社会システム工学科 (〒782-8502 高知県香美郡土佐山田町宮ノ口 185)

E-mail:100e440@ugs.kouchi-tech.ac.jp

道路施設において、2 段剥離による気流変化が路面上に大きな風速変動を発生させている。今回は、PIV(粒子画像測定法)を用いて、この 2 段剥離が及ぼす後流域の気流変化を把握した。実験結果から模型断面の一次剥離点と二次剥離点のなす角度 θ が 35° のとき、気流変化が大きく見られた。この結果から、一次剥離点からの剥離剪断層が二次剥離点から再び剥離し、気流を転向させ死水域を狭めていることが確認できた。

Key Words : 2 段剥離 死水域

1. はじめに

瀬戸大橋の番の洲高架橋では、橋梁に対し斜めの風が吹いている場合に、走行車線において周期的に非常に大きな風速変動が発生し、その影響によって車両が壁に接触するなどの問題が生じていた。そこで、防風フェンスを設置することにより、問題は解決した。問題の発生原因については、横風の 2 段剥離が気流変化を及ぼし、路面上で空間的に変動する周期的風速分布が発生していたためと考えられる。¹⁾

しかし、2 段剥離によって、気流が変化するという報告^{2) 3)}はあるが詳しく解明されていない。

本研究では、2 段剥離が後流域に及ぼす影響を定量的に把握することを目的とした。

2. 研究方法概要

本研究では、2 段剥離が後流域に及ぼす影響を PIV(粒子画像測定法)にて、把握することとした。

風速計測に用いる PIV(粒子画像測定法)は流体の複雑な流れを測定する技術である。PIV 計測はさまざまな方法があり、その中でも多く用いられるのが高密度 PIV と低密度 PIV である。今回の実験では高密度 PIV による濃淡画像計測で行う。この測定方法はレーザー光を風洞内の流れ場に照射し、その流れ場にトレーサー粒子を混入させ、カメラで撮影する。

次に微小な時間間隔で撮影した画像間のトレーサー粒子の移動量を求め、ベクトルマップを作成させるものである。

2 段剥離については、**図-1** に示す断面上に一次剥離点と二次剥離点を設置した模型を作製し、2 段剥離現象を生成させる。

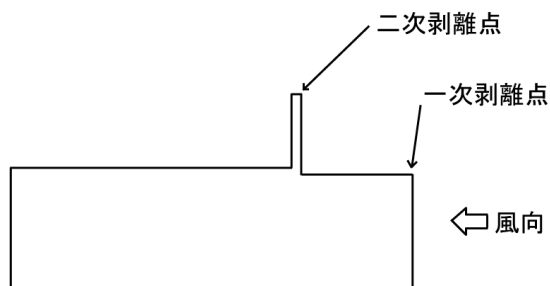


図-1 2 段剥離の定義

3. 実験方法

使用風洞は、押し込み型エッフェル風洞 (1240H×800W×3500L)、測定風速は約 0.5m/s、使用気流は一様流で行った。

模型断面は、二次剥離点の鉛直板(5m厚)を一次剥離点から 50mm の箇所固定し、一次剥離点と二次剥離点のなす角度を θ とし、 θ が $0^\circ \sim 60^\circ$ の模型を**図-2** に示す定義で 5° 刻みで 13 ケース作製した。この模型断面 13 ケースを実験に使用した。

模型を風洞内に設置する際、台に設置する。次に模型上部からレーザー光を照射し、風洞風上からトレーサー粒子を流す。トレーサーはトレーサーとして十分な粒径である約 $14\mu\text{m}$ の市販のベビーパウダーを使用した。そして、光源内にあるトレーサー粒子の位置をカメラにて撮影する。カメラのシャッタースピードは 200 f/s の設定で行った。上述の様子を図-3に示す。

測定結果は、ある時間間隔での平均値を使用する。今回は、比較的安定した欠損ベクトルの少ない時間間隔(画像枚数で約100コマ)を平均した。

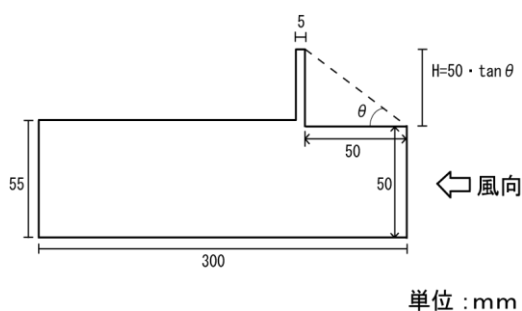


図-2 模型断面図

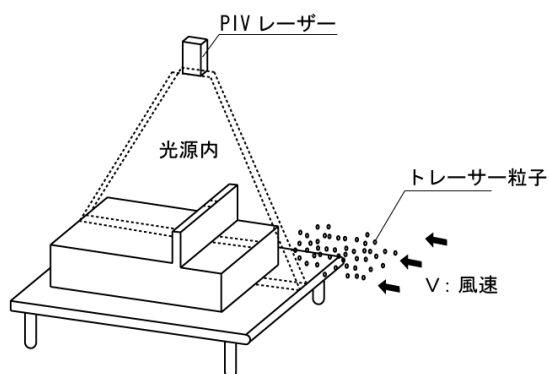


図-3 実験風景

4. 測定結果

4.1 把握方法

後流域に及ぼす影響をベクトルマップの他に、二次剥離点と二次剥離点から 20mm 前後の剥離前と剥離後の風速分布図から把握する。なお、風速分布図の高さ Y を示す縦軸は 0m の位置を一次剥離点頂部とする。

測定結果から大きく分けて、一次剥離点で

のみの剥離、二次剥離点でのみの剥離、一次剥離点と二次剥離点の二度に渡る剥離をする2段階剥離の3つに分けられる。今回、この3つの代表的な計測データを用い比較しながら2段階剥離が及ぼす後流域の影響を把握していく。一次剥離点でのみの剥離計測結果は $\theta = 5^\circ$ 、二次剥離点でのみの剥離計測結果は $\theta = 50^\circ$ 、2段階剥離計測結果は $\theta = 35^\circ$ のものを使用する。

4.2 測定結果検証

1) $\theta = 5^\circ$ の場合

図-aに示す $\theta = 5^\circ$ のベクトルマップから一次剥離点前で減速し、一次剥離点の背後でやや上向きのベクトルの上昇流が見られる。そして、一次剥離点から模型上面近傍でベクトル長さのない風速の小さい空間(死水域)ができています。二次剥離点は高さがなため気流に影響は与えていない。このことから、一次剥離点から一度だけ剥離したことが分かる。次に、図-bに示す $\theta = 5^\circ$ の風速分布図から、剥離前と二次剥離点の高さ 20mm から 60mm の間で周辺と比べ風速が上がっていることが分かった。これは、一次剥離点から剥離した風が上層部で流れるコンスタントな風速と死水域の間で収束されたためである。上述から、 $\theta = 5^\circ$ は一次剥離点から強い剥離をしたと言える。

2) $\theta = 50^\circ$ の場合

図-cに示す $\theta = 50^\circ$ のベクトルマップから一次剥離点の背後は剥離した風が全体的に直後の二次剥離点にぶつかるため風速が小さくなっている。つまり、一次剥離点による剥離はないものと考えられる。同時に、一次剥離点より上空の風が二次剥離点で大きくぶつかるため、実際に剥離をするのは二次剥離点からだと分かる。二次剥離点の背後では $\theta = 5^\circ$ 同様のやや上向きのベクトルが見られ、二次剥離点から剥離上昇流が発生している。次に図-dに示す $\theta = 50^\circ$ の風速分布図から、剥離後の高さ 80mm から 100mm の間で周辺と比べ風速が上がっていることが分かった。これも、 $\theta = 5^\circ$ のケースと同じように二次剥離点で剥離した風が収束されたため $\theta = 50^\circ$

は二次剥離点から強い剥離をしている。

3) $\theta = 35^\circ$ の場合

$\theta = 35^\circ$ のベクトルマップを図-e に示す。一次剥離点の背後でベクトルがやや上を向いているが、二次剥離点の背後では今まで見られたやや上向きのベクトルがほとんどなくなっている。このベクトルは真横もしくは死水域を狭めるような下向きとなっていて、後流域の断面近傍では死水域と再付着した風による風速の回復が見られた。ここで、明らかな違いとして挙げられるのは風が剥離点に接触した場合、剥離上昇流が発生していたが $\theta = 35^\circ$ の二次剥離点に限っては発生していない。このことから、剥離が弱くなり転向する理由は一次剥離点からの剥離剪断層が二次剥離点から再び剥離しているからで、いわゆる 2 段剥離と言える。図-f に示す $\theta = 35^\circ$ の風速分布図では、比較的なめらかな風速分布となっていて、 $\theta = 5^\circ$ や $\theta = 50^\circ$ のような風速が急変する強い剥離は存在しない。

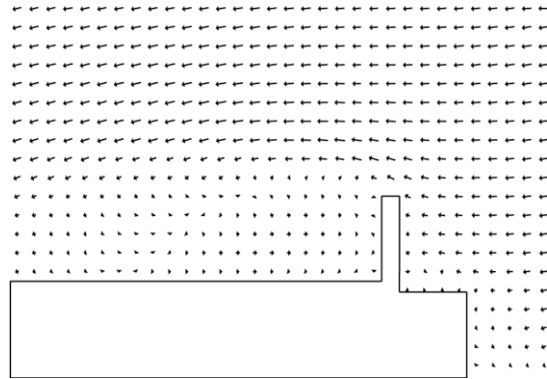


図-c $\theta = 50^\circ$ のベクトルマップ

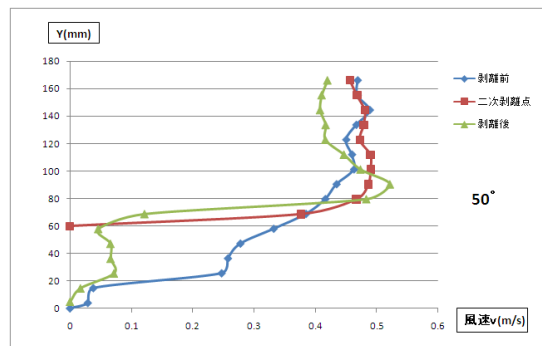


図-d $\theta = 50^\circ$ 風速分布図

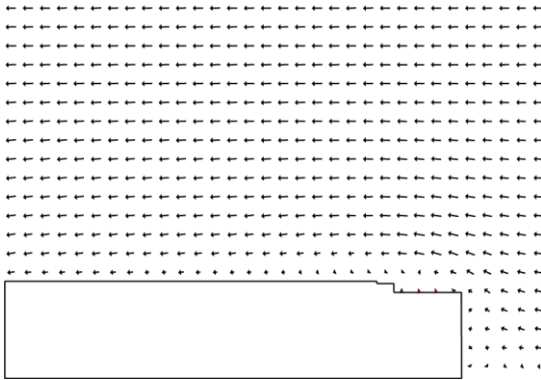


図-a $\theta = 5^\circ$ のベクトルマップ

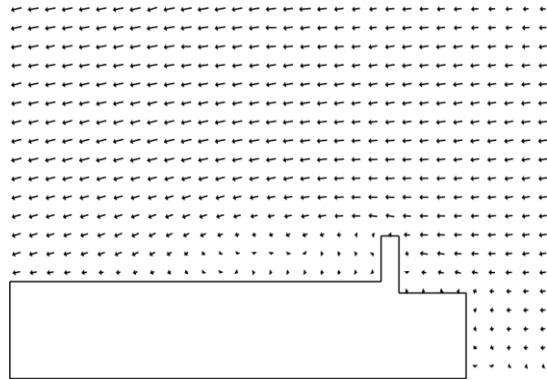


図-e $\theta = 35^\circ$ のベクトルマップ

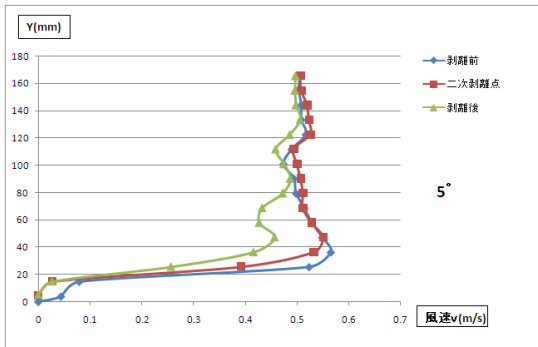


図-b $\theta = 5^\circ$ 風速分布図

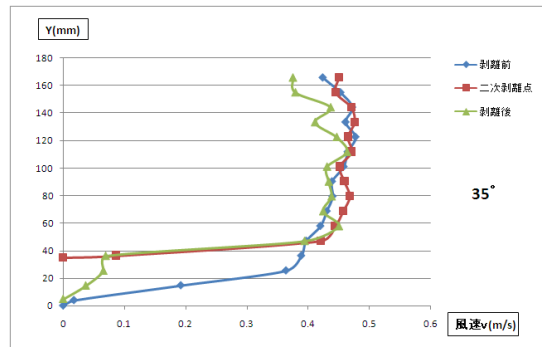


図-f $\theta = 35^\circ$ 風速分布図

5. 結論

2 段剥離による気流変化の原因は、一次剥離点からの剥離剪断層が二次剥離点から再び剥離し、剥離が弱まることで剥離上昇流が下降流に転向するからである。これが死水域の減少となり、風の再付着が早まる。結果、後流域に死水域と再付着した風速との風速差ができていたことが分かった。

今回、剥離が弱まる理由について、収束域の増加とズレが考えられる。つまり、二回剥離するから収束も二回する訳で、これが収束域の増加とズレに繋がる。収束が弱いと風速増加も弱くなり、剥離も弱くなると思われる。

6. 今後の課題

今回の実験では、剥離上昇流のベクトルがやや上向きという程度でベクトルの向きから剥離上昇しているのか判断しづらいものだった。又、二段剥離による気流転向も微小だった。原因としては、測定風速が約 0.5m/s と低風速で気流変化の強弱が小さくなったためと考えられる。今後は、模型と風速の大きさを適合させることが必要となってくる。また、2 段剥離による剥離縮小は、収束域の増加とズレと考えたが、詳細は不明で収束域についても明らかにしていく必要がある。

(参考文献)

- 1) 山形典子： ある連続高架橋路面上の横風分布 高知工科大学修士論文 2004年
- 2) 久保喜延、木村吉郎、加藤九州男、東秀明、曾我好則、田崎賢治： 剥離干渉法による斜張橋(栄川大橋)主塔独立時の耐風性能改善に関する研究 第18回 風工学シンポジウム 2004年
- 3) 池田隼人、田中洋介、久保喜延、木村吉郎、加藤九州男、林田宏二： 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 土木学会第60回年次学術講演会 平成17年9月