

偏平H型断面柱のせん断流れと圧力特性

九州工業大学 正 員 久保喜延

九州工業大学 学生員 平田鋼三

九州工業大学 学生員 三河克己

九州工業大学 学生員 今林弘一

まえがき 橋梁断面に生じる空力弾性振動の発生機構解明のために、著者らは単純な断面である偏平H型断面柱を用いて検討を重ねてきている。発生機構に対しては、橋梁断面上に生じる剥離せん断層がエッジトーンであると考えれば理解できるとの見方もあるが、著者らは橋梁断面の前縁から剥離したせん断流れが作る流れのパターンが流速の増加と共に下流側に伸び、力の作用点が流速の増加に対して移動するために、橋梁断面のように偏平な断面では曲げ振動や捩れ振動が生じるとの考え方に立っている^{1), 2), 3)}。これによれば、偏平H型断面柱に生じる種々の空力弾性振動の発生機構はじめ応答に関する定量的な考察が可能になる。これまで、この考え方の妥当性の検討を表面非定常圧力の測定によって行ってきた。今回の報告では、流れの可視化による剥離せん断層の挙動と表面非定常圧力との関係を見だすことを試みている。

剥離せん断層の挙動 流れの可視化は、測定断面400x400 mmを持つ小型風洞内に煙を発生させることによって行われた。煙の発生は、風路に水平に5mm間隔で張った0.3mmの9本のステンレス線に流動パラフィン

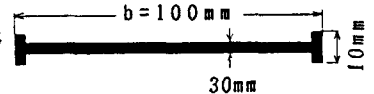


図1 可視化用模型

を塗布して約2 A程度の電流を流すことによって行うスモークワイヤー法によった。模型は、航空ベニヤ板製で、光が当たる部分は可視化用光源からの光が透過するように透明なアクリル板としている。模型の大きさは幅10cm長さ35cmで、図1に示す模型幅10cmの10%のフランジをつけたものである。可視化は、風速50cm/sで加振振動数を変えて換算風速 $V_r = 0.8 \sim 4.6$ の範囲で、模型幅Bで無次元化した無次元倍振幅 $2\eta_r = 0.002 \sim 0.03$ の5の加振幅で曲げ振動実験を行った。自由振動実験による

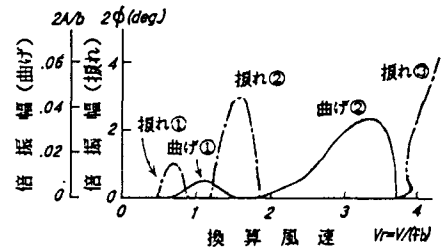


図2 偏平H型断面柱の空力弾性応答

応答の観測結果は、図2に示すものである。これによれば、曲げと捩れの固有振動数を同じにした場合、曲げ振動と捩れ振動とは風速の上昇に対して交互に現れることになる。このことは、曲げ振動実験を行っても小振幅の実験では、捩れ振動に対応する流れのパターンが現れる可能性があることを意味している。このことを確認するため、剥離せん断層の物体表面での流下速度を測定するために、可視化された流れをビデオに収録してビデオアナライザー(PIP4000)で解析した。

さて、非定常表面圧力の測定と自由振動実験との対応から考えられた各振動に対する剥離せん断層のフローパターンは、図3に示すもので、流速の増加に従って表面上の各渦が矢印で示すように移動することになる。渦が巻き込む位置でその点での最大のサクションが働くと考えれば、回転中心に関して対称に渦が分布するとき捩れ振動が、また非対称に分布するとき曲げ振動が発生している。推定したフローパターンに対応する倍振

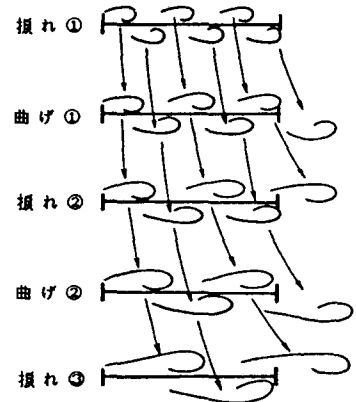


図3 推定フローパターン

幅 $2\eta_0=0.002$ における流れの可視化写真が、写真1である。上から順番に $Vr=0.8, 1.0, 1.4, 2.8, 4.4$ で、非定常表面圧力分布から推定したものとよく一致しており、著者らの考え方の妥当性を裏付けていることがわかる。

剥離せん断層の流下速度 前縁から発生した剥離せん断層がどの程度の流速で流下するかをビデオの記録から測定した結果が、図4である。これは、ビデオの1コマ毎の剥離せん断層の位置を計測し、剥離せん断層が1コマの間に移動した距離から求めたものであるため、その点の正確な瞬間速度ではないが、流下速度の変化の様子を見ることができる。図の縦軸は、風洞風速 V_0 に対する剥離せん断層の流下速度 V_s の比 V_s/V_0 で、横軸は測点の上流からの距離 X を模型幅 B で除した値 X/B で示している。ここに示しているのは $2\eta_0=0.021$ の場合のものである。これによれば、何れの場合も剥離せん断層が再付着する部分では、流下速度が極端に小さくなっている。 $Vr=1.0, 1.4$ についてみると、流下速度は最大でも $V_s/V_0=0.6$ 程度、再付着点では $V_s/V_0=0.2$ 程度であり、剥離せん断層の巻き込み状態と密接な関係を有していることがわかる。剥離せん断層の流下速度は接近流速の0.6倍程度とよく言われているのは、この結果からすれば、最大流下速度ということになる。また、 V_s/V_0 が最小となる位置は、 $Vr=1.0$ のとき $X/B=0.2, 0.4, 0.8$ の点、 $Vr=1.4$ のとき $X/B=4.2, 7.6$ の点、 $Vr=1.8$ のとき $X/B=4.8$ の点、 $Vr=2.2$ のとき $X/B=6.8$ の点となっており、風速の上昇と共に剥離せん断層の再付着点の位置が下流側に移動していることを示している。

非定常表面圧力係数との関係 図5は、非定常表面圧力の測定例である。これと図4の剥離せん断層の流下速度とを比較してみると、その傾向がよく似ていることがわかる。即ち、剥離せん断層の物体表面での速度と表面圧力との間に強い相関があることがわかる。図4と図5とで、非定常表面圧力が最小になる位置と流下速度が最小となる位置とにずれが生じているのは、流下速度の測定において剥離せん断層の巻き込みによる渦の速度の算出に際して、渦の中心の判定が困難であったため、剥離せん断層の最下流での位置を算出する方法を取ったためである。従って、圧力測定で得られた圧力最小の位置と流下速度最小の位置との差が巻き込んだ渦の半分の大きさとなっていると言える。

まとめ 流れの可視化によって、前縁から剥離したせん断層の流下速度の計測を行い、表面圧力との関係を大略ながら見ることができた。剥離せん断層の流下速度の計測には精度の面で検討すべき課題が残っているが、今後更に改良を加えて精度の向上を行いたい。

参考文献 (1)久保他、"偏平構造断面柱の発振風速推定式について" 第9回風工学シンポジウム論文集、1986。(2)久保他、"曲げ渦励振域における偏平H型断面柱の非定常表面圧力関数化のための基礎的研究"、第10回風工学シンポジウム論文集、1988。(3)Y.Kubo, "Aerodynamic Response and Pressure Function of Shallow H-section Cylinder", Proc. of Int'l Coll. of Bluff Body Aerodynamics and Its Applications.

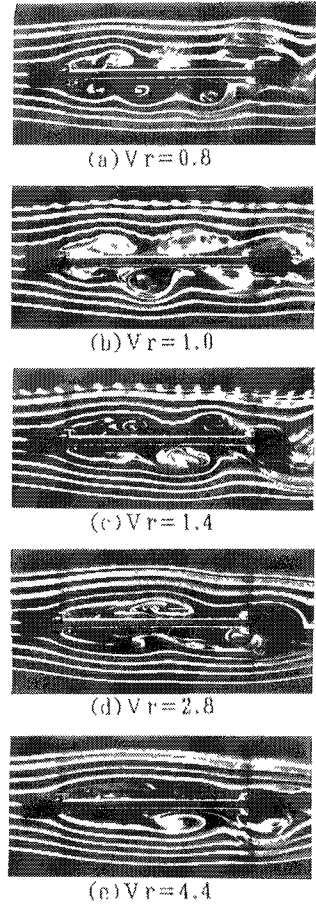


写真1 可視化写真

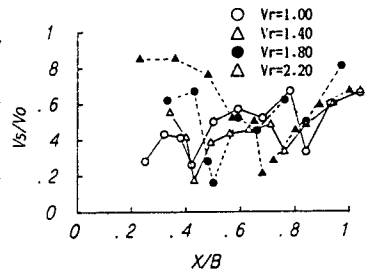


図4 せん断層の流下速度

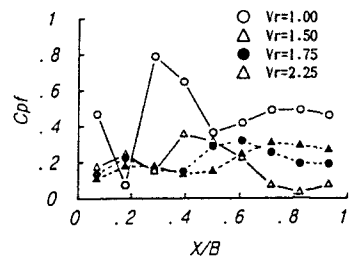


図5 非定常表面圧力係数