

構造断面柱の表面流れの挙動について

九州工業大学 学生員 三河克己

九州工業大学 正 員 久保喜延

九州工業大学 学生員 安田英明

まえがき 風により長大橋梁断面に生じる動的現象である空力弾性振動の発生機構が解れば、耐風特性についてより詳しく知ることが可能となる。そこで物体周辺気流の挙動を調べることでその解決の糸口があるとし、著者等は、Bluff-Bodyの一例として偏平構造断面柱を用いて、自由振動及び強制振動実験と可視化実験より物体表面上の非定常圧力と物体を流下する流れを観察することに主眼をおいて研究をおこなってきた。空力弾性振動におけるいくつかの励振は、本来、同一でありエッジトーン現象との見方があるが、著者等のこれまでの実験的考察から物体の振動に伴って、物体の前縁から剥離したせん断流れが作るフローパターンが流速の増加とともに下流側に伸び、力の作用点が流速の増加に対して移動するために、橋梁断面のような偏平な断面では、たわみ振動や捩れ振動が生じていて従来いわれてきた低流速励振、カルマン渦励振、フラッターは一連の現象であるという考えに立っている。断面幅の10%の厚みを持つ偏平なH型及び矩形断面柱（以下これを10%断面柱と呼ぶ）を用いた流れの可視化実験により剥離せん断層の特性を把握してきた。今回は、偏平な断面だけでなく断面比が小さくなった場合も著者等の考えが成り立つかどうかの検討をおこなった。

実験内容とその結果 流れの可視化の手法は、スモークワイヤー法によった。27(mm)

模型の形状は、10%、20%、30%、40%、50%断面を有する矩形柱を用いた。可視化は、自由振動実験では応答が顕著に現われない風速域でも剥離せん断層のフローパターンを知るために、強制捩れ振動実験をおこない風速50cm/sec で、倍振幅 $2\phi=4^\circ$ の加振振幅を与え模型の加振振動数によって換算風速を変化させた。

図1、図2は50%矩形断面柱のたわみ及び捩れ1自由度空力弾性応答の例を示している。また、両方の応答を同一の土俵で扱えるように風速を無次元風速に変換して模式的に表したものを図3に示す。これによるとたわみ振動と捩れ振動の固有振動数を一致させた振動系では、両方の振動モードを持つ応答が風速の上昇と共に、交互に現われることになる。すると、せん断層のフローパターンの違いにより、たわみ振動及び捩れ振動が起こるが、そのフローパターンは風速によって変化していくことから、物体がある振動モードで振動している状態で風速が変化していくと、剥離せん断層のフローパターンはそれまでのものとは異なり振動モードが変化していくことになる。このことは、強制的にある振動モードで加振させ続けている物体の前縁から剥離するせん断層は風速の変化により捩れ振動とたわみ振動に対応するフローパターンが交互に現われる可能性を持つことになる。

写真1、2、3、4、5は、10%、20%、30%、40%、50%矩形断面柱を用いての可視化写真を示す。渦が巻き込む位置で最大のサクションが働くとすると、断面中心に関して点対称の位置に剥離渦が分布するとき、その点に関して回転モーメントを形成して捩れ振動が起こり易い状態となり、また、非対称に分布するとき断面中心に関する回転モーメントの成分は消えて上下方向の振動を誘起する揚力変動となってたわみ振動が起こり易い状態になることを考慮して、可視化写真をみていくと、10%断面では、 $Vr=12.0$ で断面中心に関して点対称に剥離渦が分布しており、加振振動モードどうり捩れ振動が

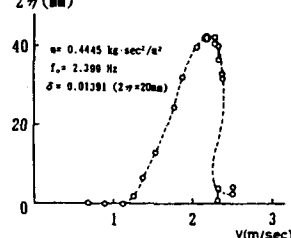
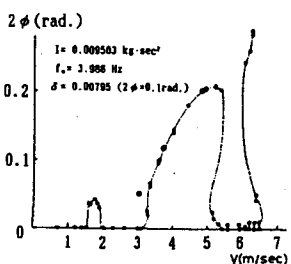
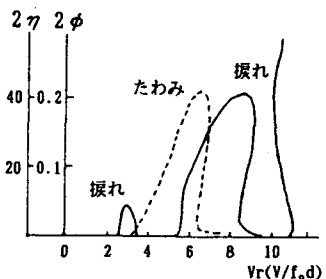
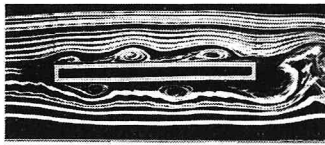
図1 たわみ1自由度応答¹⁾図2 捩れ1自由度応答¹⁾

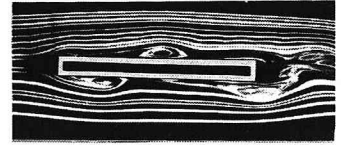
図3 無次元風速で表現した応答図



$Vr=8.0$

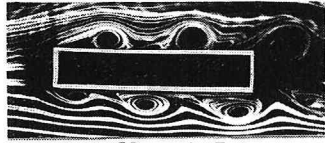


$Vr=12.0$

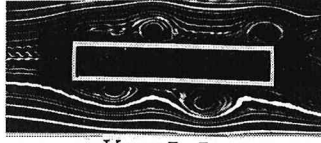


$Vr=17.0$

写真1 10%矩形断面柱の可視化写真



$Vr=4.5$

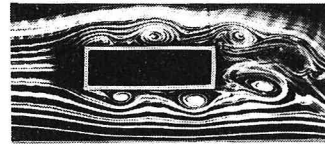


$Vr=5.5$

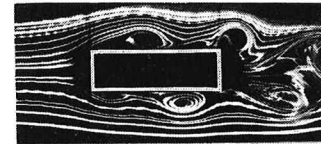


$Vr=7.0$

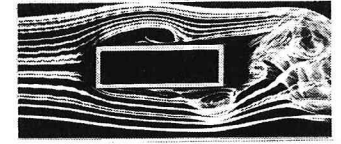
写真2 20%矩形断面柱の可視化写真



$Vr=4.0$

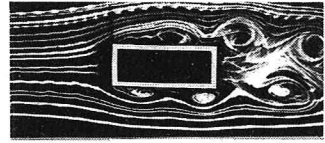


$Vr=5.0$

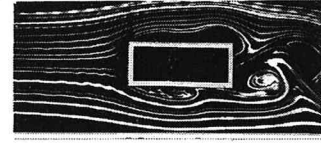


$Vr=9.5$

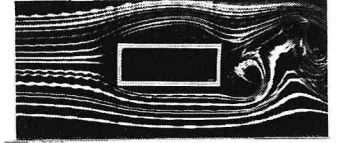
写真3 30%矩形断面柱の可視化写真



$Vr=4.0$

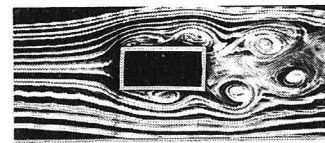


$Vr=6.5$

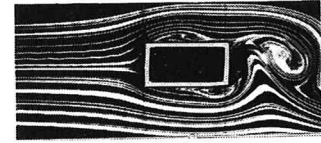


$Vr=15.0$

写真4 40%矩形断面柱の可視化写真



$Vr=4.0$



$Vr=6.8$



$Vr=7.8$

写真5 50%矩形断面柱の可視化写真

起こり易いフローパターンになっているが、その前後の換算風速域 $Vr=8.0, 17.0$ で断面中心に関して非対称に剥離渦が分布しており加振振動モードとは異なるたわみ振動が起こり易いフローパターンになっている。また、20%断面では $Vr=4.5, 7.0$ 、30%断面では $Vr=5.0$ 、40%断面では $Vr=4.0$ 、50%断面では $Vr=4.0$ で加振振動モードとは異なるたわみ振動が起こり易いフローパターンが現われていることが認められ、全断面を通して加振振動モードの捩れ振動のみならずたわみ振動が起こり易いフローパターンが存在し、それは交互に現われることが確認された。これらの結果から、これまでに検討をおこなった偏平な10%矩形断面だけでなく50%矩形断面までも著者等の考え方の妥当性を裏付けられた。

まとめ 流れの可視化によって矩形断面柱の前縁剥離渦の挙動を調べたが、それによると偏平な10%断面から断面比の小さな50%断面までの範囲で風により橋梁断面に生じるたわみ振動も捩れ振動も物体表面上を流下する剥離渦の配置の違いによるものであることが確認できた。

参考文献 1) 白石・松本: 充腹構造断面柱の渦励振応答特性に関する研究, 土木学会論文報告集, 第322号, 1972年 6月. 2) 中村・渡辺・中島: 偏平な構造断面柱の渦励振-曲げ振動-, 九州大学応用力学研究所所報, 第59号, 昭和58年 9月. 3) 久保・加藤・宮地: 偏平H型断面柱の空力弾性応答と非定常表面圧力特性, 土木学会第40回年次学術講演会概要集, 昭和60年 9月. 4) 久保・三河: 偏平構造断面柱の剥離せん断層特性, 土木学会第44回年次学術講演会概要集, 平成元年 10月.