

京都大学大学院 学生員 小林 茂雄

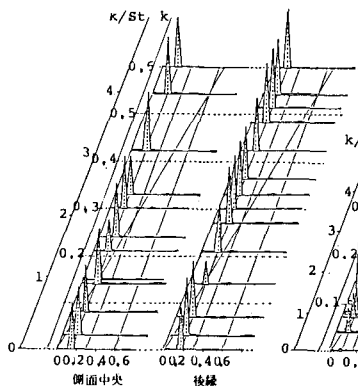
京都大学工学部 正 員 白石 成人

京都大学工学部 正 員 松本 勝

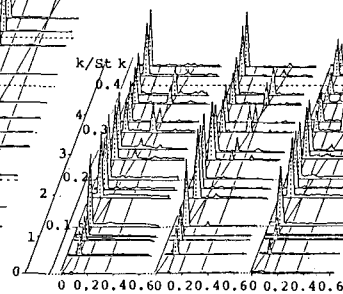
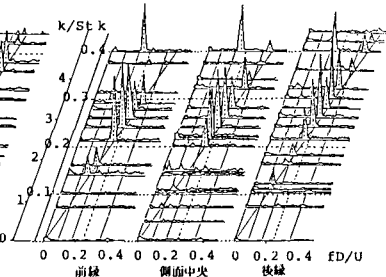
京都大学工学部 正 員 白土 博通

1. まえがき 橋梁の桁断面など多くの構造物はbluff な断面形状を有しており、それらはフラッタ、ギャロッピング、渦励振などいわゆる空力不安定現象の発現する危険性を持っている。これらの現象は、断面まわりの剥離せん断層の非定常で不安定なふるまいによって起こるものと考えられる。すなわち、剥離せん断層の不安定性が物体振動という刺激によって増幅され、さらにある条件が満たされた時、これらの現象が発現するのである。従ってある種の外的刺激により、剥離せん断層の不安定性増幅特性を調べることは、各種空力不安定現象の励振機構を考える上で、有用な手がかりが得られるものと考えられる。本研究では単純なBluff Bodyのモデルとして、種々の断面比の矩形断面を用い、主流方向周期的変動流れ、すなわち脈流によって剥離せん断層に外的に刺激を与えることにより、その不安定性がどのように増幅されるかを調べたのでその結果を報告する。

2. 実験結果 実験に用いた断面の断面比 B/D は0.5 ~ 20までの13種類である。脈流中にこれらの断面が置かれると、断面側面の変動圧力のスペクトル形状は次の三種類に大別される。一つは一樣流中同様ストロハル数成分のスペクトルピークが卓越したもので、その一例を図1に示す。これは $B/D=0.5$ の場合であるが、脈流無次元周波数 k が $2St, 4St$ 付近でピークの高さが大きくなる傾向が見られ、このときの流れのパターンを一樣流中のものと比べるとカルマン渦の巻き込みが強くなっているのがわかる(写真1)。写真は水槽での可視化実験の結果である。またこのとき可視化実験では脈流周波数に同期した同時対称渦放出も観察された(写真2)。

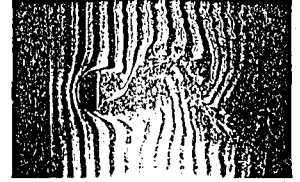
図1 側面の変動圧力のスペクトル ($B/D=0.5$)

$B/D=1$ でも同様の特性が見られたが、 $B/D=0.62$ では一樣流中のカルマン渦が最強であった。

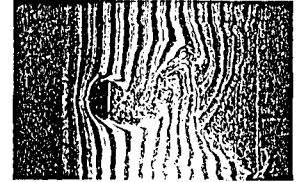
図2 側面の変動圧力のスペクトル ($B/D=2$)図3 側面の変動圧力のスペクトル ($B/D=5$)

もうひとつはストロハル数成分と脈流周波数成分の混在型であり、その一例として $B/D=2$ の変動圧力特性を図2に示す。これらの断面では脈流刺激によりストロハル数成分の圧力変動も影響を受けるが、脈流周波数成分の変動も影響を受け、このとき写真3に示すような脈流周波数成分に同期した同時対称渦放出が観察される。このグループでは $B/D=2.8, 3, 4$ 、と断面比が大きくなるにつれて脈流刺激の影響が強くなる傾向がある。

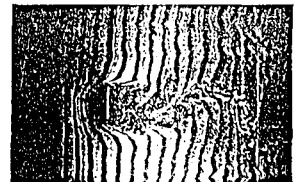
最後のひとつは脈流周波数成分のピークが卓越したものであり、 $B/D=5$



k=0



k=2St

写真1 流れのパターン ($B/D=0.5$)

k=2St

写真2 流れのパターン ($B/D=0.5$)

における結果を図 3 に示す。これらの断面は脈流刺激の影響を強く受け、写真 4 に示すように一様流中の結果に比べてleading edgeにおける剥離流の曲率は大きくなり、剥離バブル長の縮小、断面側面上にvorticity patch が観察される。

3. 考察およびまとめ 全体的な圧力特性を測定点ごとに分け、まとめた結果を図 4、図 5 に示す。図 4 は断面前縁、図 5 は後縁部における結果である。縦軸は脈流無次元周波数、横軸は断面比であり、図中、ストロハル数成分のスペクトルピークが存在する周波数に○、そのピークが最大のものに●、また、脈流周波数成分のスペクトルピークが存在する周波数を枠で囲み、それが最大のものに△を付けている。なお、斜線はParker等が、applied sound の影響を受けやすいとした領域である。3つの図はほぼ同じような特性を示しているが、剥離せん断層の不安定性増幅効果より、断面比によって次の3つに分類できる。

まず $B/D < 2$ の断面で、これらは完全剥離型の断面であり、ストロハル数成分のピークが $k=2St, 4St$ で極大化する特性を有する。また可視化実験では、脈流周波数に同期した同時対称渦放出が観察された。

次に、 $2 \leq B/D < 6$ の断面でこれらは非定常再付着型の断面である。ここでは脈流による刺激を受けやすい領域が、 $V_{cr} = 1.67B/D$ の逆数で表される曲線、あるいはその二倍の無次元周波数付近に存在し、前縁剥離渦型渦励振の発現に対応しているものと考えられる。また、後縁部に近づくに従って脈流周波数成分のスペクトルピークが最大値をとる周波数が少し変わるのは、たわみ渦励振とねじれ渦励振の発現風速の違いに対応しているのではないかとと思われる。

最後に $B/D \geq 6$ で、これらの断面は定常再付着の性質をもち、剥離せん断層の不安定性が増幅される周波数領域はストロハル数の約2倍付近にあることが注目される。

参考文献 1) R.Parker, M.C.Welsh; Effects of flow separation from blunt plates. Int. J. Heat & Fluid Flow, Vol. 4, No. 2, pp113-127, June, 1983

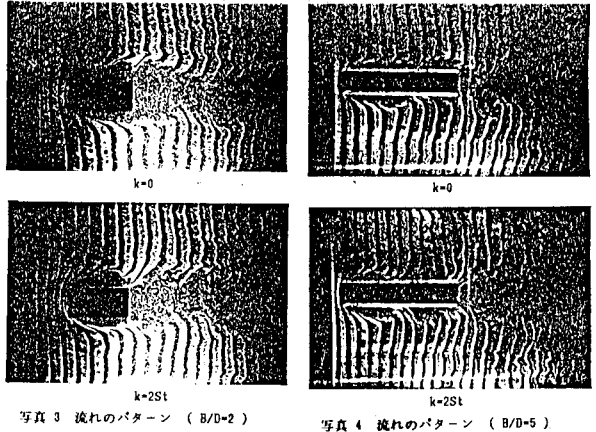


写真 3 流れのパターン (B/D=2)

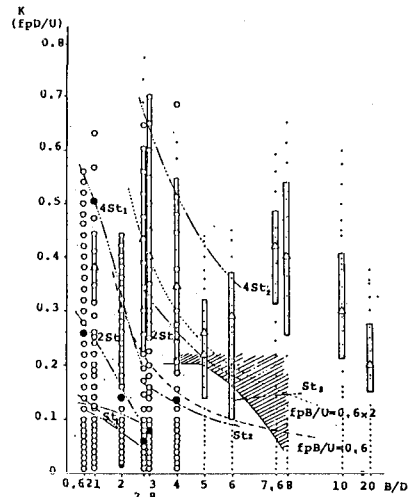


図 4 各種矩形断面の側面の変動圧力特性 (前縁)

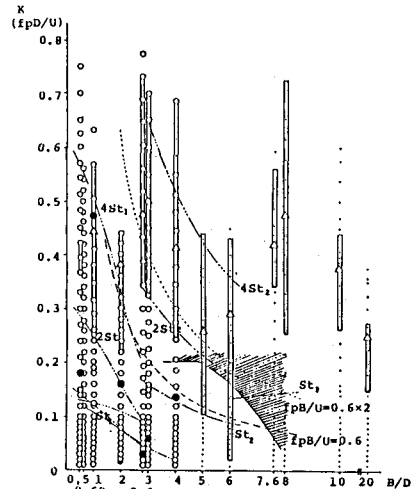


図 5 各種矩形断面の側面の変動圧力特性 (後縁)