

I-213

Applied Sound による矩形断面の渦励振特性に関する研究

京都大学大学院 学生員 八木知己
 京都大学工学部 正 員 松本 勝
 京都大学工学部 正 員 白石成人
 京都大学工学部 正 員 白土博通
 京都大学大学院 学生員 白 丙基
 建設省 正 員 徳元真一

1. まえがき 渦励振を大別するとカルマン渦型渦励振と前縁剝離型渦励振にわけることができる。後者の渦励振は、断面辺長比 B/D が $2 \leq B/D \leq 5$ の断面で発生することが確認されており、断面周りの剝離せん断層が断面自身の振動によって不安定性が増幅されることが原因であると考えられている¹⁾。この剝離せん断層はPulsating Flow²⁾，Applied Sound³⁾等の刺激によっても不安定化することが知られている。本研究ではApplied Sound を用いて剝離せん断層を刺激し、非定常圧力のパワースペクトル密度を測定することで矩形断面の渦励振特性の把握を試みた。従来のPulsating Flowを用いた研究では、断面上下からの同相刺激であったが、音響を用いることで逆相の刺激も可能となったことが本研究の特徴である。

2. 実験概要 実験に使用した断面は矩形断面で、断面辺長比 B/D は2, 3, 4, 5, 6, 8である。模型は風洞内に迎角 0° で固定支持し、風洞上下面に設置したスピーカーより $f_s=16(\text{Hz})$ の音響を模型に付加した。但し上面からの音響と下面からの音響が逆位相となるようにし、更に風洞内風速を変化させることで無次元周波数 $f_s D/U$ を変化させた。また圧力変動パワースペクトル密度は、模型の前縁と後縁で測定した。

3. 実験結果及び考察 図1に示すように各無次元周波数で得られた圧力変動パワースペクトル密度の周波数 $f=f_s$ でのピーク値 $Sp(f_s)$ を読み取り、無次元周波数 $f_s D/U$ （もしくは無次元風速 $U/f_s D$ ）に対する $Sp(f_s)$ の変化をプロットした。一例として $B/D=5$ の断面の実験結果をパネ支持自由振動実験の結果と併せて図2、図3に示す。 $B/D=5$ の断面は、前縁剝離型の渦励振が発現している風速（ $U/f_s D=1.67B/D$ ）付近で $Sp(f_s)$ にピークが生じ、剝離せん断層の不安定性が増幅されているのがわかる。

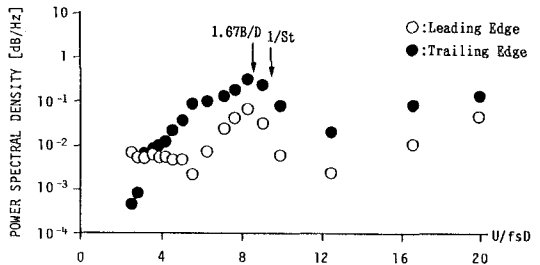


図2 圧力変動パワースペクトルピーク図
 ($B/D=5$ 矩形断面, $\alpha=0^\circ$)

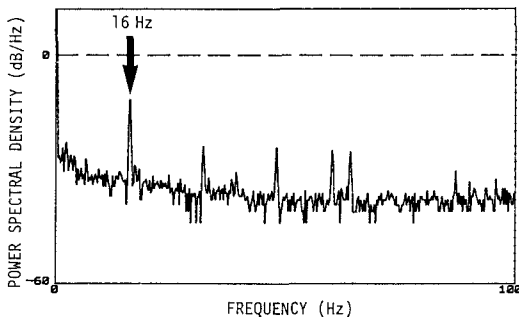


図1 圧力変動パワースペクトル密度
 ($f_s D/U=0.12$)

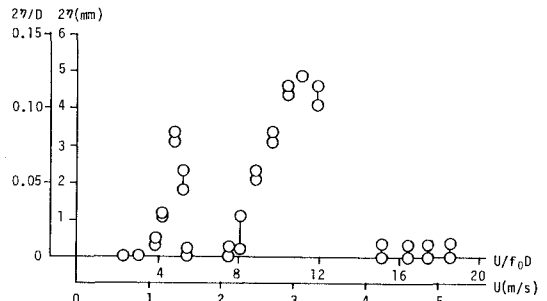


図3 風速一応答振幅図
 ($B/D=5$ 矩形断面, $\alpha=0^\circ$)

以上を用いて前縁及び後縁における断面辺長比 B/D に対する $Sp(fs)$ の変化をそれぞれ図4、図5に示す。但し、値の大きさは各断面毎に規準化し円の大きさで表してある。更に、図上にカルマン渦の発生周波数であるストロハル数: St 、前縁剝離型渦励振の開始風速 $1.67B/D$ の逆数である無次元周波数 $0.6D/B$ も示した。両図より、前縁及び後縁での非定常圧力のパワースペクトル密度の傾向に大差がないことがわかる。 $B/D=2, 3$ の断面は、一般に前縁剝離型の渦励振が生じる断面であるが、音響付加実験では、前述の無次元周波数 $0.6D/B$ 付近では同期現象が顕著にみられず、逆にストロハル数 St 付近で極めて強い同期がみられる。故にこれらの断面では、剝離せん断層が音響による刺激よりもカルマン渦による刺激の影響を強く受けているものと思われる。但し $B/D=3$ の断面において模型後流域にスプリッタープレート挿入し同様の実験を行うと、 $0.6D/B$ 付近で同期現象がみられ、逆に St 付近ではみられなかった。すなわちスプリッタープレートによってカルマン渦が破壊され、音響に同期した前縁剝離渦が観察できたものと考えられる。自由振動実験においては、物体自身の振動によって剝離せん断層の不安定性が増幅され、更に振動によってカルマン渦の発生が抑えられることで、前縁剝離型渦励振が発現するものと思われる。

$B/D=4$ の断面ではストロハル数 St と無次元周波数 $0.6D/B$ の中間で $Sp(fs)$ のピークがみられ、剝離せん断層は音響とカルマン渦の両者の影響を受けて不安定性が増幅されていると考えられる。 $B/D=5$ の断面においては前縁剝離型渦励振発現風速の逆数である無次元周波数 $0.6D/B$ 付近で $Sp(fs)$ の値が最大値となり、同期現象が確認できる。すなわち音響刺激によって剝離せん断層の不安定性が増幅され、前縁剝離渦が発生しているものと考えられる。 $B/D=6, 8$ の断面では、後縁において無次元周波数 $0.6D/B$ 付近で緩やかなピークが認められる。これらの断面は通常、前縁からの剝離流が断面上に定常的に再付着し、カルマン型渦励振が観察されるが、無次元周波数 $0.6D/B$ 付近でも緩やかな同期現象がみられることから、音響刺激によって剝離せん断層がある程度不安定化しているものと考えられる。但し、その同期の程度は他の断面に比べて極めて弱い。

4. まとめ 以上より矩形断面において、音響による刺激と渦励振に対する剝離せん断層の不安定性増幅との関係がある程度明らかにすることができた。更にこの音響付加を用いた実験によって、橋梁断面の渦励振特性の概要を把握することが可能になったと思われる。今後は種々の橋梁断面に対して応用されることが期待される。なお本研究を遂行するに当たり、実験、データ解析等に多大なる御協力を頂いた(株)大林組鹿島智博氏に深く感謝致します。

<参考文献>

- 1) 白石, 松本: "渦励振の発生機構と応答評価" 日本風工学会誌第20号, 1984年6月
- 2) 松本他: "主流方向脈動流中におけるBluff Bodyの空力特性" 第9回風工学シンポジウム論文集, 1986年12月
- 3) R. Parker, M. C. Welsh: "Effects of sound on flow separation from blunt plates"

Int. J. Heat & Fluid Flow, Vol. 4, No. 2, June, 1983

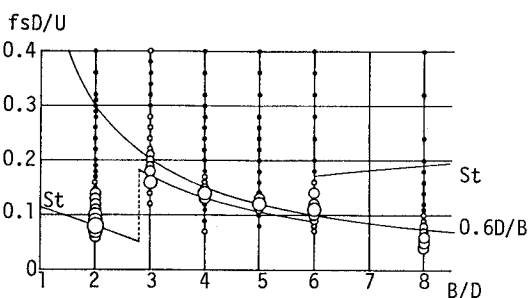


図4 圧力変動の音響との同期領域（前縁）

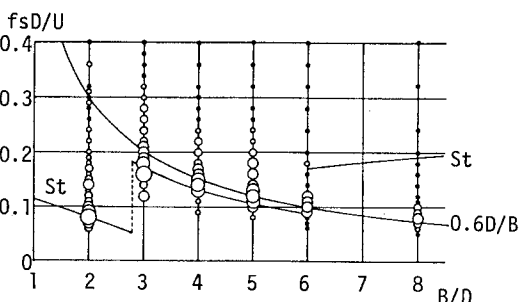


図5 圧力変動の音響との同期領域（後縁）