

渦励振に及ぼす乱流効果に関する基礎的研究

京都大学大学院 学生員○大東義志

京都大学工学部 正会員 松本 勝

J R 西 日 本 正会員 青木 淳

1.はじめに 土木構造物の中でも橋梁は、その耐風安定性について数多くの研究機関によって風洞実験が行われ、研究が進められてきた。そこで本研究では、構造物の各種空力現象のうち、桁の渦励振の乱流効果について主に風洞実験によって検討を試みた。特にカルマン渦型渦励振と自己励起型渦励振が、乱流によりどのような影響を受けるかについて、前縁・後縁の幾何学形状をパラメータとして、体系的に考究する。

2.断面形状と風速応答振幅測定からの評価 Fig. 1 に本研究で使用した模型断面と一様流中、乱流中での風速応答（鉛直たわみ）振幅図を示す。模型断面は、矩形断面 ($B/D=4$)、前縁が三角形形状の断面（以下、前端フェアリング付と呼ぶ）、後縁が三角形形状の断面（後端フェアリング付）、両端が三角形形状の断面（両端フェアリング付）である。

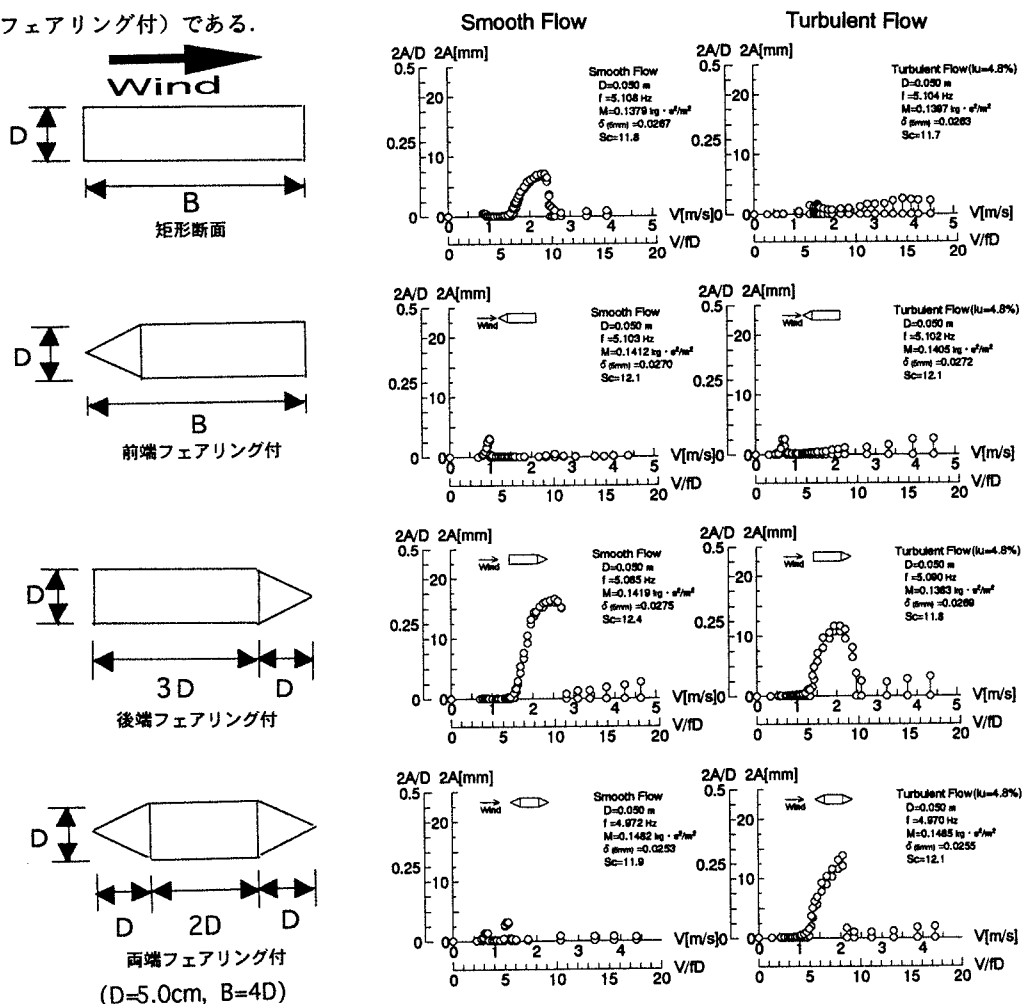


Fig. 1

なお、ここで用いた乱流は格子によるもので、4.8%程度と比較的低強度の乱流で、そのスケールは6.9cmである。模型の幅員 B との比が1.38程度である。矩形断面では、乱流中で応答振幅が安定化し、また後端フェアリング付でも若干安定化している。また前端フェアリング付は一樣流中と乱流中ともにあまり大きな差は見られないが、双方ともやや低風速側で応答振幅の小さい渦励振が発現している。一方、両端フェアリング付では乱流中の方が一樣流中に比べ約5倍程度も不安定化している。

3. 断面側面の非定常圧力測定からの評価

そこで、これらの原因を探るため、応答の生じた無次元風速域で、模型を鉛直たわみ1自由度強制加振し（加振振幅10mm、加振周波数7.9Hz、風速 $V=2.77$ m/s、無次元風速 $V/fD=7.0$ 、ただし、前端フェアリング付については、風速 $V=1.19$ m/s、無次元風速 $V/fD=3.0$ とした）、断面周りの非定常圧力を測定した。その結果を Fig. 2 に示す。まず矩形断面の圧力分布を見ると、変動圧力係数 C_p が若干大きくなった結果となっている。これは、乱れの高周波成分による連行作用（＝剥離せん断層の曲率を大きくし、剥離せん断層に断面での再付着が促進され、流体から見たみかけの辺長比が大きくなること）によるものと考えられ、この乱れの連行作用によって剥離バブルは縮小化したからと考えられる。位相特性（位相差 ϕ は、中立位置から上への変位を正とした場合の最大変位と模型上面の負圧のピークを対応させ、位相に対する変動圧力の遅れを正の値とした）から、この断面では前縁剥離渦による自己励起型渦励振が発現していると言える。両端フェアリング付の場合は位相特性を見ると、どの測定点についても位相差が一定であることから、前縁剥離渦が発生していないと考えられる。従って、この断面では後縁から剥離する渦（再付着型カルマン渦）が発生しているものと考えられ、圧力分布特性から乱れの連行作用により、流れ場全体が微妙に変化し、その変化こそが仕事に影響し、再付着カルマン渦を刺激し、乱流中で不安定化したものと考えられる。また、前端フェアリング付は自己励起型渦励振は発生していないのに対し、後端フェアリング付は自己励起型渦励振発生していることが考えられる。

5. 結論

◎充腹桁断面の渦励振への乱流効果は、前縁剥離渦やカルマン渦が乱流により劇的に変化することによるものではなく、ごく微妙な変化が流体から振動系へのエネルギー授受の条件を変化させることで大幅な空力安定化、不安定化が決定づけられることが明らかになった。

◎矩形断面と後端フェアリング付及び前端フェアリング付と両端フェアリング付を比較して、従来より指摘されているように、断面の縁形状は $\square$ より $\triangleright$ のように交流側へ突出することが空力的に不安定化することが確認された。

【謝辞】 本研究を遂行するにあたり多大なる御協力を頂いた京都大学工学部白土博通助手、京都大学大学院藤井大三氏、(株)石川島播磨重工業北山暢彦氏（研究当時京都大学学生）に深く感謝致します。

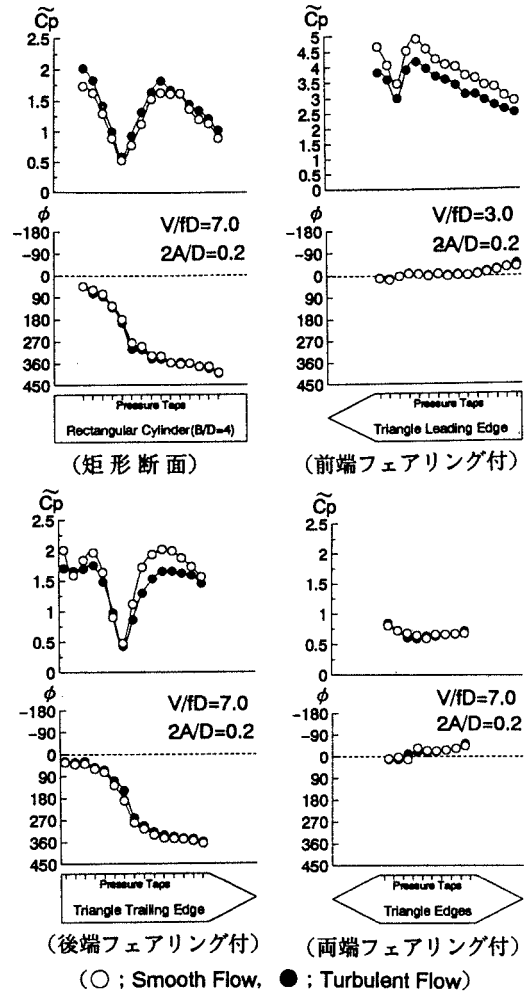


Fig. 2 各断面ごとの非定常圧力特性