

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
 京都大学工学部 正会員 白土博通
 J R 西日本 正会員 青木 淳
 京都大学大学院 学生員 藤井大三
 ㈱石川島播磨重工業 正会員 北山暢彦

1 はじめに

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 従来の研究

一般に矩形断面について乱流中では、一様流中よりも空力振動特性が安定化するとされてきたが、一部の六角断面で逆に不安定化することがある^{1) 2)}。

3 断面形状と風速応答振幅測定からの評価

Fig. 1 では、本研究で使用した模型断面で、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）を示す。

Fig. 2 では、これら4 ケースについて一様流中、乱流中での風速応答（鉛直たわみ）振幅を比較したものである。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。前端フェアリング付は一様流中と乱流中では、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様流中に比べ約5 倍程度も不安定化している。

4 断面側面の非定常圧力測定からの評価

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（加振周波数7.9Hz、加振振幅10mm、風速 $V=2.77\text{m/s}$ 、無次元風速 $V/ID=7.0$ 、ただし、前端フェアリング付については、風速 $V=1.19\text{m/s}$ 、

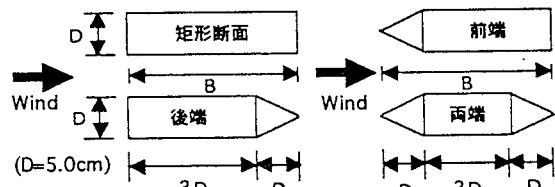


Fig. 1 模型の断面形状

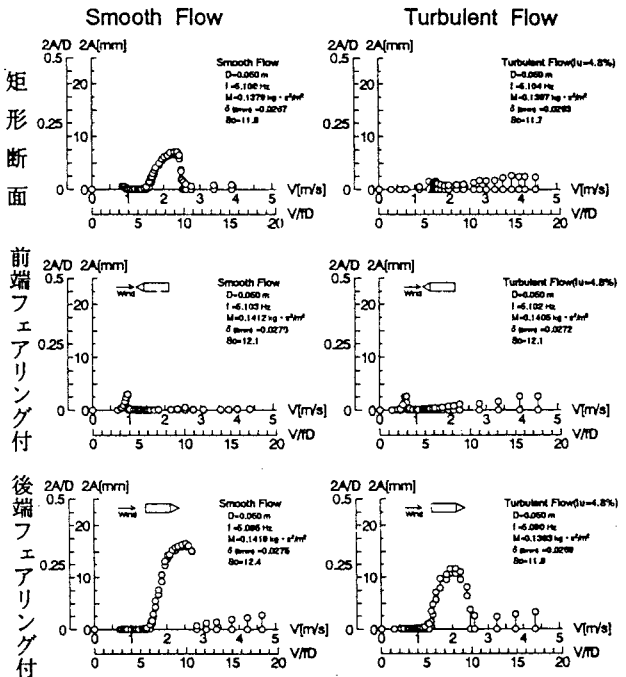


Fig. 2 各断面ごとのV-A実験結果（一様流/乱流）

無次元風速 $V/ID=3.0$ とした), 断面周りの非定常圧力を測定した。紙面の都合上, 矩形断面と両端フェアリング付の結果のみ Fig.3 に示す。

まず矩形断面の圧力分布を見ると, 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, 前縁で発生した渦が断面振動 1 周期の間に後縁まで流下していることが分かる。すなわち, この断面では自己励起型渦励振が発生していると言える。また, 平均圧力の回復が乱流中の方でほんの少し早まっていることが分かる。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る。これによって剥離バブルは縮小化し, 変動圧力係数 C_p からそれに対応し, やや大きくなった結果となっている。

両端フェアリング付の場合は, 位相特性から前縁剥離渦が発生していない。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, 紙面の都合上図には示していないが, 後端フェアリング付は自己励起型渦励振発生しているのに対し, 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ことが考えられる。

5 結論

◎矩形断面では, 乱流により流れ場全体が微妙な変化をうけて, 自己励起型渦励振が発現しにくくなっているものと考えられる。

◎両端フェアリングの乱流効果は, 乱れの高周波成分による連行作用によりみかけの辺長比 (B/D) が大きくなり流れ場が微妙に変化し, それにより再付着型カルマン渦が影響を受けたものと考えられる。

◎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。また, 従来より指摘されているように, 断面の後縁形状は  より  のように後流側へ突出することが空力的に不安定化することも確認された。

参考文献

- 1) 松本, 白石ら『各空力振動現象に及ぼす乱れの影響』第 10 回風工学シンポジウム論文集, 1982.
- 2) 松本, 白石ら『高欄を設置した橋梁箱桁断面の乱流効果 - 渦励振への影響 - 』構造工学論文集 Vol. 36A, 1990.

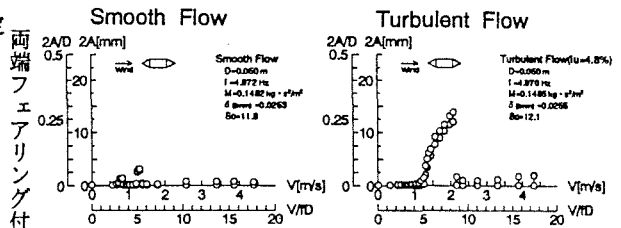
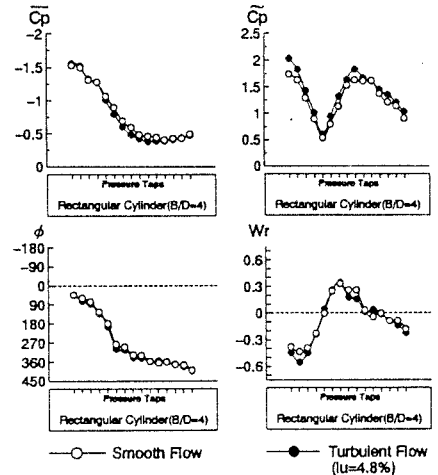
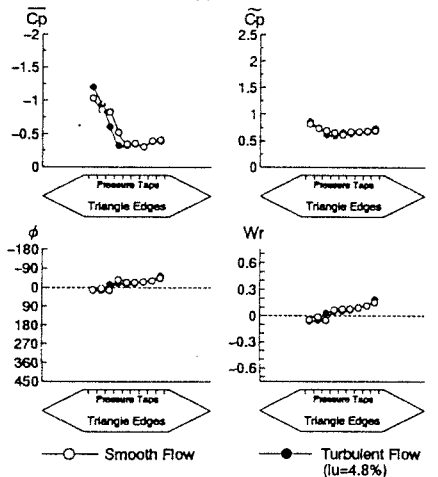


Fig. 2 各断面ごとのV-A実験結果(一様流/乱流)



(矩形断面)



(両端フェアリング付)

Fig. 3 非定常圧力特性