

I-A 183

渦励振に及ぼす乱流効果に関する実験的研究

京都大学大学院 学生員 重村好則
 京都大学工学部 正会員 松本 勝
 J R 西 日 本 正会員 藤井大三
 京都大学大学院 学生員 大東義志

1. はじめに

本研究では、構造物に生じる各種空力不安定振動現象のうち、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。特に偏平六角断面において発生する渦励振が乱流中で不安定化する現象に着目してフェアリング部を含めた非定常圧力測定を行い、渦励振に及ぼす乱流の影響について前縁・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. 風速応答振幅測定からの評価

Fig.1-1～Fig.4-1は、本研究で使用した模型断面形状を示す。Fig.1-2は矩形断面 ($B/D=4$)（以下、矩形断面と呼ぶ）、Fig.2-1は前縁が三角形形状の断面（前端フェアリング付）、Fig.3-1は後縁が三角形形状の断面（後端フェアリング付）、Fig.4-1は両端が三角形形状の断面（両端フェアリング付）を示す。Fig.1-2～Fig.4-2では、本研究で得られた一様流中と乱流中（ここで用

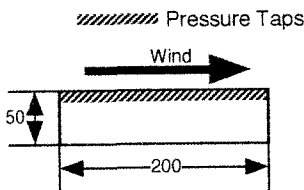


Fig.1-1 矩形断面(mm)

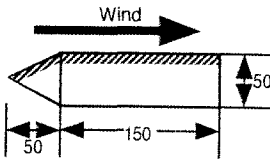


Fig.2-1 前端フェアリング付(mm)

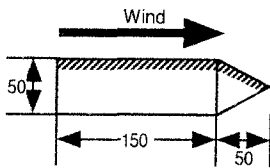


Fig.3-1 後端フェアリング付(mm)

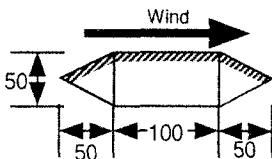


Fig.4-1 両端フェアリング付(mm)

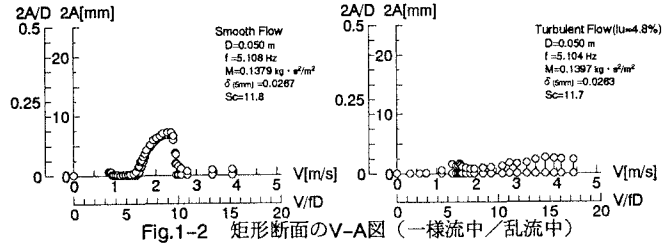


Fig.1-2 矩形断面のV-A図（一様流中／乱流中）

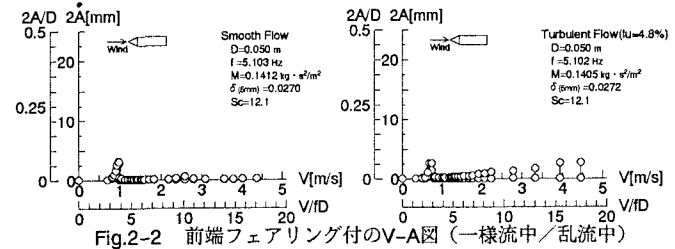


Fig.2-2 前端フェアリング付のV-A図（一様流中／乱流中）

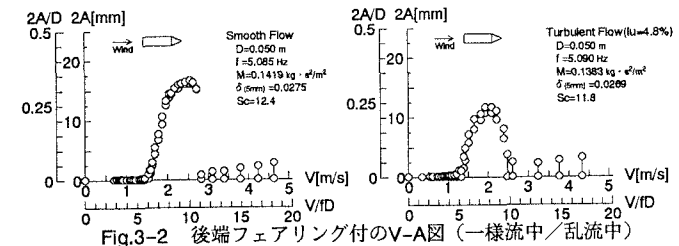


Fig.3-2 後端フェアリング付のV-A図（一様流中／乱流中）

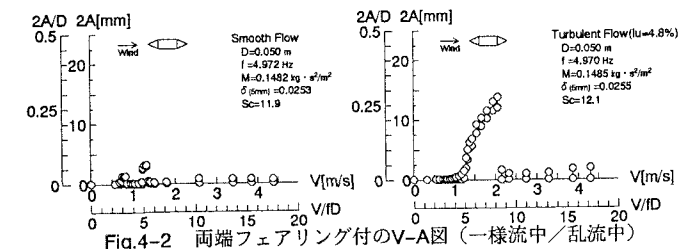


Fig.4-2 両端フェアリング付のV-A図（一様流中／乱流中）

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、模型の幅員Bとの比が1.38程度である。）での風速応答（鉛直たわみ）振幅図（V-A図）を示す。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樣流中と乱流中とも、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 $U/ID=5$ 付近で発現している渦励振が乱流中の方で一樣流中に比べ約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

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 ($2A/D=0.2$)、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 $V=1.19\text{m/s}$ 、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。紙面の都合上両端フェアリング付の結果のみ Fig.5 に示す。Fig.5-1の平均圧力係数分布について、前端側フェアリング部の前縁側で正圧を示していることからこの付近では時間平均的には流れは剥離せず、実質的には前端側フェアリング

後部のエッジにおいて流れが剥離し、断面中央手前で再付着していることが考えられる。Fig.5-2の変動圧力係数分布について、前端側フェアリング後部のエッジ付近と断面中央付近と後端側フェアリング前部のエッジ付近に3つのピークが存在することが確認でき、乱流中でこれらのピークが僅かではあるが明確になっている。これらのピークはそれぞれ、前端側フェアリング後部エッジにおいて生じる剥離せん断層に起因したものと考えられる。また、Fig.5-3の位相特性（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）うち断面側面がFig.5-3-(b)の様な流れ場になっているとも考えられ、このことから第一のピークは位相差 0° 付近における前端側フェアリング後部エッジにおいて生じる剥離せん断層に起因した渦の生成領域 (Dynamic Vortex) であり、それが振動一周期（位相差 360° ）かけて断面中央付近に急激に移動し、第二のピークである従来型のせん断層渦となり、もう一周期（位相差 720° ）かけて後端側フェアリング前部のエッジ付近に移動し、第三のピークを形成することが考えられ、変動圧力係数分布に見られる3つのピークに対応しているものと考えられる。

従って、この断面における渦励振は前縁剥離せん断層による自己励起型渦励振であると考えられる。また、この自己励起型渦励振が乱流中でわずかに変化を受け、また図には示さないが、無次元仕事の値から乱流中で若干仕事が増える方向に働き、大幅な空力不安定化につながったものと考えられる。

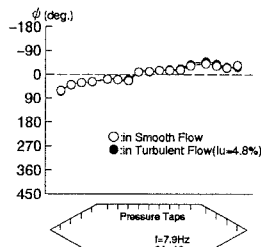


Fig.5-3-(a)位相特性

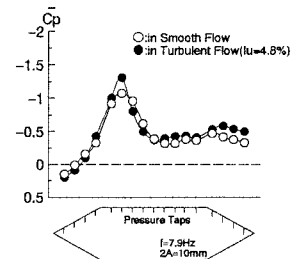


Fig.5-1平均圧力係数分布

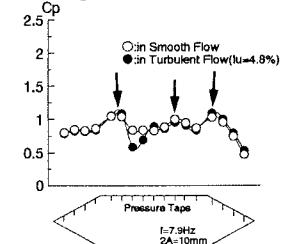


Fig.5-2変動圧力係数分布

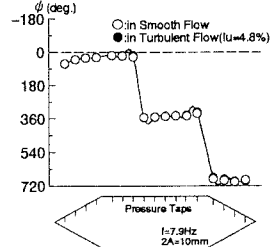


Fig.5-3-(b)位相特性

4. 結論

◎フェアリング部の非定常圧力測定からも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、ごくわずか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仕事に影響し、大幅な空力安定化、不安定化が決定づけられることが確認できた。

◎両端フェアリング付において変動圧力係数分布より、前端側フェアリング後部のエッジ付近と断面中央付近と後端側フェアリング前部のエッジ付近に3つのピークがあることが確認された。これらより、乱流中においてこの3つのピークが明確になることで振動応答特性が不安定化する可能性が考えられる。

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、JR 西日本青木 淳氏（研究当時京都大学大学院生）、京都大学大学院市川靖生氏に深く感謝致します。