

I - 331

渦励振に対するフェアリングの制振効果

徳島大学大学院 学生員 ○川瀬 篤志 徳島大学工学部 正 員 宇都宮英彦
 徳島大学工学部 正 員 長尾 文明 日立造船(株) 真鍋 昌司

1. まえがき 近年、主桁に箱桁断面を用いた長大橋が数多く建設されている。しかし、箱桁断面は流れに対して鈍い形状をしているため、渦励振の発現する可能性が高く、そのため、適当な制振装置を付設することによる空気力学的制振対策が必要となる。本研究では典型的な橋梁断面を用いて実際によく使用される制振装置であるフェアリングによる渦励振の制振効果を調査し、模型表面圧力を測定することによってフェアリングの空気力特性に及ぼす影響を検討した。

2. 実験概要 模型断面には図1、表1に示すように、桁高比 $B/D=8.6$ (B :幅員, D :桁高)で流れに対して鈍い断面を基本としてフランジ張り出し比 B/BL を変化させることによって3種類採用した。なお、実橋を想定しているため高欄を付設するもの(以下、基本断面と呼ぶ)とする。制振装置については表2に示す3種類を採用した。実験は徳島大学工学部の吸い込み式エッフェル型風洞($1.5 \times 0.7 \times 1.8\text{m}$)を使用して、振動応答の計測、表面圧力測定、可視化実験を行った。なお、空気力特性のみに着目するため、全ての模型のスクルートン数 Sc を一定に保った。(撓みモードでは $Sc=2\text{m} \delta / \rho DB=7$ とした。)

3. 実験結果及び考察 本報では、撓み渦励振のみを対象とし、フェアリングの違いにより応答特性に違いの現れた $M1(\alpha=+3^\circ)$ について検討・考察する。図2は $M1$ の撓み渦励振の振動応答図である。図より、 $F3$ を付設した場合 $V/FD=24$ において大きなピークが発現しているが、基本断面の渦励振発現風速域では全てのフェアリングにおいて制振効果が現れていることが分かる。なお、 $M2, M3$ の張り出し比 B/BL が大きい断面においては、基本断面の渦励振も $M1$ よりも小さくなるとともに全てのフェアリングで渦励振が抑制されている。

次に、この $M1$ 断面の空力特性を調査するために、図1中の圧力測定ポイント(○印)と同状態に模型を強制加振させ表面圧力を測定した。図3は測定した表面圧力の中で基本断面の渦励振最大応答振幅に相当する $V/FD=17$, $2\eta/D=0.10$ のポイントの平均圧力 C_p (図a)、加振振動数成分の変動圧力振幅 $|C_p|$ (図b)、変動圧力の変位からの位相遅れ β (図c)、および変動圧力の速度比例成分 C_{pi} (図d)を示したものである。この図をみると上面に比べ下面はフェアリングの違いによる変化が小さいことが明らかに読み取れる。これは、下面においてフェアリングによる流れのコントロールよりもボックス前縁部の剥離の影響が強いと思われる。逆に言えば、模型の応答は上面の空気力に起因していると言える。

上面において、フェアリングの違いによる圧力分布特性を比較すると以下のようなものである。まず、a図に示した、平均圧力については基本断面は直線的に一律な負圧減少傾向を示しているのに対して $F1, F2$ は前縁付近で急激な圧力回復(負圧減少)を示している。つまり $F1, F2$ を付設することによって再付着が前縁に近づいたことが明かである。次に、b図に示す変動圧力振幅では、基本断面と比べると $F1, F2$ の分布形状は明らか

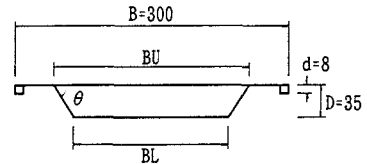


図1 形状パラメータ記号

表1 模型断面形状

模型名	模型形状図	B/BU	B/BL	θ
M1		1.10	1.29	60°
M2		1.44	1.79	60°
M3		1.70	3.00	60°

表2 制振装置

F1	F2	F3

に異なり、前縁で大きな値を取るが後縁にかけてほぼ一定の値となる。前縁の大きな値は剥離バルブによる影響であり、中央から後縁にかけては渦が消滅するため一定の分布になったものと思われる。一方、F3は基本断面とよく似た分布形状を示し、しかも圧力変動振幅が大きいことから、より強い渦が形成されているものと思われる。そして、c図に示す位相遅れ β を見ると、基本断面とF3は、前縁から後縁にかけて一様な大きな減少傾向を示し、その減少量がほぼ 360° となっている。つまりこれは、前縁で形成された渦が振動1周期の時間を要して後縁へと流下していることに対応する。これに対してF1,F2ははだいに0に近づく分布となっており、剥離渦は維持されずに消滅していると考えられる。最後にd図に示した速度比例成分は、基本断面に比べてF1,F2はほぼ全域で減衰力が作用している。これに対してF3は基本断面とよく似た分布形状を示し、基本断面より値は大きく、前縁側にスライドした形となっている。このため後縁側に再び減衰力が作用する領域が現れている。この減衰力の作用領域の増大によって、渦励振の発生を抑制しているものと考えられる。この制振機構について、流れの可視化によって得た前縁の剥離状況を図4に示す。F1,F2では、振動時も静止時と同様に流れの分岐点がフェアリング先端部に固定されており常に定常的な流れになっている。これに対してF3では、フェアリングの端部と床版上端部との鉛直距離が短いため、流れの分岐点をフェアリングの端部に固定できず、振動時に強い剥離渦を発生させることが確認できた。

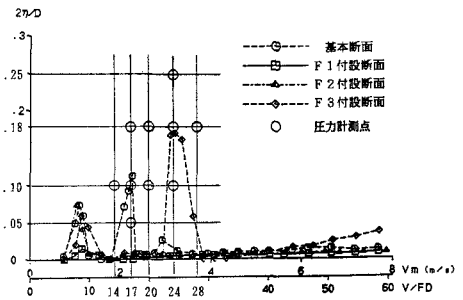
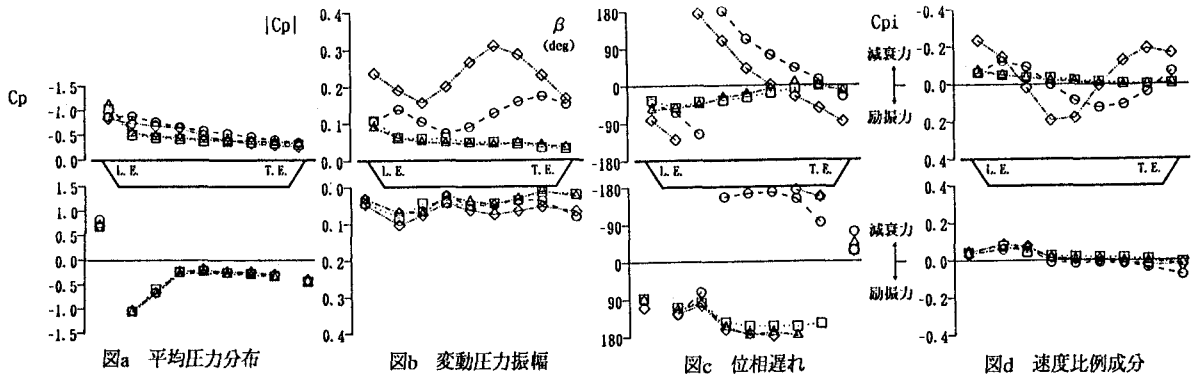


図2 撓み渦励振の振動応答図(M1)

図3 M1の表面圧力特性分布($V/FD=17.2$, $\eta/D=0.10$) ○;基本断面 □;F1 △;F2 ◇;F3

4. まとめ 箱桁断面の撓み渦励振に対するフェアリングの制振効果について検討した結果、フェアリングの制振機構として、

- (1) 模型前縁からの剥離を弱め模型表面に作用する周期的変動圧力を排除する方法。
 - (2) 剥離渦の位相特性を変化させてトータルの減衰力を大きくする方法。
- の2パターンがある。フェアリング本来のねらいは(1)であり、(2)については、偶然性の要素が多分にあると言え、基本断面と異なる風速域で渦励振が発現する可能性がある。M1でF3を付設したときに $V/FD=24$ で渦励振が発現するのは、前縁剥離渦がこの風速で振動一周期で後縁に達するようになり、上面において大きな励振力が作用することに起因していると判断できる。

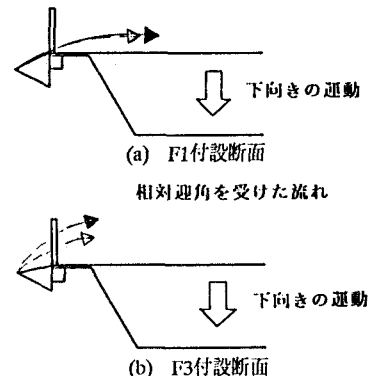


図4 前縁における剥離状況(M2)