

I-255 縮尺の異なる橋梁断面模型の対風特性

川崎重工業(株) 正員 野上千秋
(研究当時、九州工業大学大学院生)

九州工業大学工学部 正員 久保喜延

九州工業大学工学部 学生員 本多健二

九州工業大学工学部 学生員 落田健太郎

1. まえがき

筆者らは、図1に示す断面を持つ規模の同等な2種の閉断面斜張橋について、2次元模型および3次元模型による風洞実験を行った。この種の断面は、フェアリングにより剥離を積極的に発生させ、いくつかの剥離流の相互干渉によって励振力に結び付く有害な流れの成分を除去し、その耐風安定性を向上させてきている。具体的には、図2に示すように、1次剥離点で生じた剥離渦が2次剥離点における剥離に影響を与え、剥離渦の生成をコントロールするものである。

モデル1について応答実験を行ったところ、2次元模型(縮尺:1/45)と3次元模型(1/121)の応答特性は良い対応を示していた。これに対して、モデル2の2次元模型(1/40)は安定した空力特性を示したものの、3次元模型(1/121)では渦励振を観測した。そこで、モデル2の実験結果に生じた差異を根本的な現象として考え、原因を解明するために以下の検討を行った。

- ・3次元模型(1/121)・・・応答測定
→境界層型風洞(大型)
- ・2次元模型(1/40)・・・応答測定、後流流速変動測定
→空力弾性試験用風洞(中型)
- ・2次元模型(1/121)・・・応答測定、後流流速変動測定
→空力弾性試験用風洞(小型)

2. 実験結果および考察

- ① 相似パラメーターを合わせた応答実験において、2次元模型(1/40)では渦励振およびギャロッピング等の空力弾性振動が発生しなかった。一方、3次元模型(1/121)では、換算風速 $V_r = 5.6, 11.1$ の2点で渦励振が観測された(図3①)。この原因として、3次元効果や風洞特性の差などが考えられたが、いくつかの検証により、これらの影響ではないことが確認された。
- ② 2次元模型(1/40)の質量と減衰を小さくして、発振し易い状態で応答実験を行ったところ、3次元模型(1/121)の発振 V_r よりもかなり低い風速で発振した(図3②)。これは、“幾何学形状が同じ断面は同じ換算風速で発振する”ということに矛盾している。

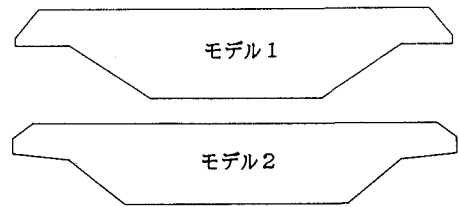


図1. 想定実橋断面

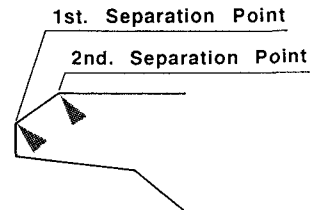


図2. フェアリング

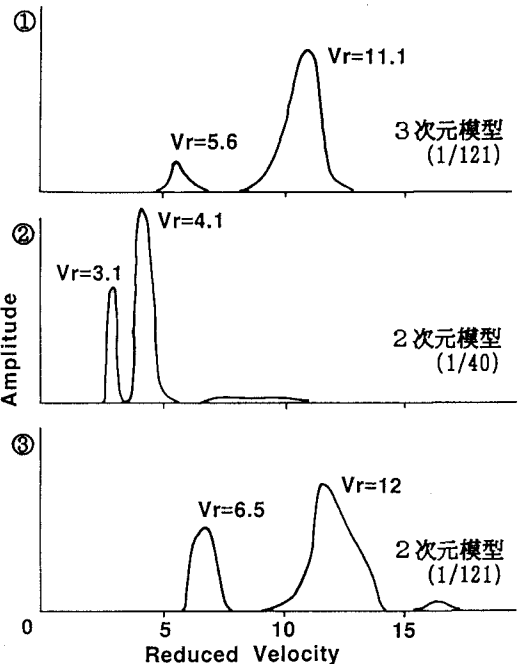


図3. 応答図

③ 3次元模型(1/121)と同じ縮尺の2次元模型について応答実験を行ったところ、3次元模型とほぼ同じ $V_r = 6.5, 12$ の2点で渦励振を観測した(図3③)。

実験①, ②, ③の応答図より、縮尺率の違いが応答特性に影響を与えていると考えられる。すなわち、風洞実験では測定できる風速域に限られており、空気の粘性が一定であるため、縮尺の違いはレイノルズ数の違いとなって現れてくる。そこで、次にレイノルズ数の違いに着目して検討を進めることとする。

④ 2次元模型(1/121, 1/40)を静的に支持し、レイノルズ数(風速)を変化させて、後流渦の振動数を測定し、ストローハル数を求めた。この結果を図4に示す。これをみると、ストローハル数は $Re < 5000$ の領域で不安定な値を示し、それより高いレイノルズ数では安定する傾向がみられる。

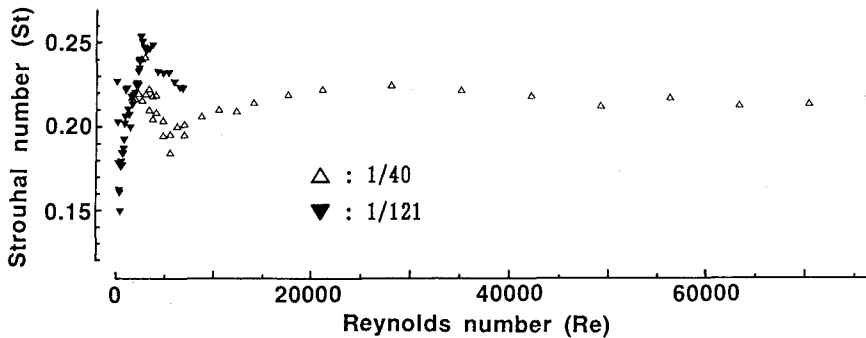


図4. $Re - St$ 曲線

ここで、実験②, ③で渦励振が観測された換算風速からレイノルズ数を算出し、これに対応するストローハル数をみると、縮尺の違いによりその値は異なっている(表1)。また、この付近では、同じ縮尺の模型でもレイノルズ数によってその値は大きく変化している(図4)。これは、ストローハル数(空力特性)が不安定な風速(レイノルズ数)領域で実験が行われていたということを示唆するものである。このため、当初の実験結果に不整合が生じたと考えられる。

表1. 渦励振域での Re と St と $1/V_r$ の関係

縮尺	換算風速 V_r	レイノルズ数 Re	ストローハル数 St	$\frac{1}{V_r}$
1/40	3.1	2100	0.217	0.32
	4.1	2800	0.24	0.24
1/121	6.5	770	0.17	0.15
	12.0	1500	0.19	0.08

ところで、渦励振時には渦の放出振動数と構造系の固有振動数が一致しているという関係から、ストローハル数は発振換算風速の逆数と等しいと言える。今回の実験において、実際に観測されたストローハル数がそれぞれ一つであることを考えると、これらに対応する発振風速は 1/121模型の場合、 $V_r = 6.5$ 、1/40模型の場合、 $V_r = 4.1$ であることがわかる(表1)。

現在、縮尺模型を用いた風洞実験は、相似則の重力パラメーター(フルード数)を満足するかたちで行われており、粘性パラメーター(レイノルズ数)は無視されている。しかし、今回対象としているフェアリングにおいては、その特徴が剥離現象の積極的な利用にあるため、流体の粘性に関係のあるレイノルズ数の影響を無視することはできないといえる。ただ、モデル1のように断面形状によってはレイノルズ数の影響をあまり受けなかったものもあり、評価の難しいところである。

3. まとめ

- ・風洞実験における模型の対風特性は、模型の縮尺(レイノルズ数)の影響を受ける場合がある。
- ・空力特性が安定するレイノルズ数領域で実験を行う必要がある。

(参考文献) 野上千秋：平成2年度修士論文

”斜張橋の応答特性とフェアリング形状について(模型実験に関する一考察)”