

部分模型・全橋模型実験における渦励振特性の差違に関する検討

横浜国立大学 学生員 ○高橋 満 横浜国立大学 正会員 勝地 弘
 横浜国立大学 フェロー 山田 均 横浜国立大学 正会員 西尾 真由子
 国交省関東地方整備局 中川 大

1. はじめに

中央支間長が 575 m の斜張橋の橋桁の耐風安定性を調査する目的で、縮尺 1/70 の部分模型風洞実験と縮尺 1/150 の全橋模型風洞実験が実施された^{1,2)}。本橋梁は、耐風安定性に配慮して、図 1 に示す端部に三角形フェアリングを有する桁幅 26m、桁高 3m の偏平箱桁断面を有する。風洞実験の結果、1/150 全橋模型実験では実橋風速 8~10m/s においてたわみ渦励振が発生したが、1/70 部分模型実験では渦励振の発生が確認されなかった。このような実験結果の違いの原因として、全橋模型実験では構造対数減衰率が 0.01~0.014 と小さかったなどの実験条件や縮尺の違いによる高欄等の模型細部の模型化の違いが考えられた。本研究は、この部分模型と全橋模型風洞実験での渦励振特性の差違に関して、実験条件、細部の模型化の影響に着目して検討したものである。

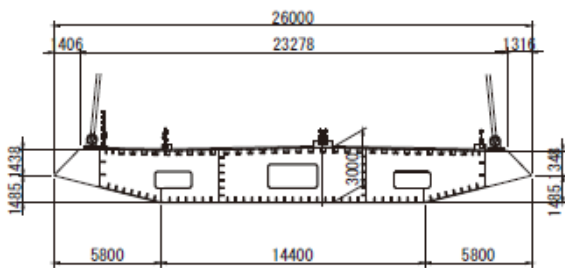


図 1 桁断面

2. 研究方法

本研究では、2種類の部分模型実験を実施した。まず縮尺 1/70 の部分模型に 1/150 全橋模型の高欄、検査車レールを縮尺 1/70 に拡大して取付け(図 2 参照)、1/150 全橋模型での形状簡略化や端数寸法の丸め誤差の影響を調査した(実験 1)(図 3 参照)。また、風向、迎角、落下物防止柵(高さ 2m、充実率 30%)の有無、減衰付加による影響も検討した。次に、1/150 全橋模型の一部を使用して部分模型とし、図 4 のようにバネ支持試験を行った(実験 2)。この 1/150 部分模型実験では、

全橋模型実験との比較を行うとともに、減衰、高欄形状の違いなどが渦励振発生に及ぼす影響を検討することを目的とした。また、縮尺の違いによる影響を検討するため、1/150 部分模型実験において、バネ支持振動数を高くして、1/70 部分模型実験と同程度のレイノルズ数にて実験を行い、レイノルズ数の影響についても調査を行った。表 1 におもな実橋諸元を示す。



図 2 1/70 部分模型設置状況

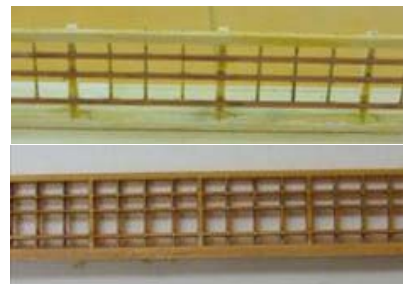


図 3 高欄模型の例(上: 1/70, 下: 1/150)



図 4 1/150 部分模型設置状況

表 1 実橋諸元

桁幅 (m)		26.0
桁高 (m)		3.0
質量 (kg/m)		25.2×10^3
極慣性モーメント (kgm^2/m)		1148.0×10^3
固有振動数	たわみ	0.204
	ねじれ	0.724
対数減衰率	たわみ・ねじれ	0.02

キーワード： 風洞実験，橋桁，渦励振，模型化

連絡先： 〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 TEL 045-339-4243, FAX 045-348-4565

3. 実験結果

1/70 部分模型実験では、最初の実験においても渦励振が発生しなかったが、1/150 全橋模型と同形状の高欄に変更したケース、さらに減衰を 0.008 程度に下げたケースにおいても渦励振が発生せず、縮尺による高欄形状の違いの影響が確認されなかった。図 5 は、減衰を下げた最も厳しい条件での結果を示している。しかしながら、落下物防止柵を設置することによりフラッターの発現風速が低くなったり、検査車レールの形状を 1/150 全橋模型と同形状にして実験を行った結果、フラッターが発生しなくなった。このように高欄形状の違い、落下物防止柵の有無がフラッターへ影響を及ぼしていることが分かった。

一方、1/150 部分模型実験では、図 5 に示すようにレイノルズ数を大きくしたケース以外のすべてのケースにおいて、全橋模型と同じ風速 8~10m/s で渦励振が発生した。風速 8m/s 付近において発生している渦励振に関しては、1/150 部分模型実験と 1/150 全橋模型実験の最大振幅がほぼ同じであり、発現風速も一致している。なお、風速 4m/s 付近で発生している振動は、ローリングが卓越する振動であり、実橋では発生しないものと考えられる。また、落下物防止柵を設置したケース、風上側端部高欄を取り外したケースでは渦励振の最大振幅が基本断面時よりも小さくなる結果が得られ、落下物防止柵、高欄の影響が確認された。

図 6 はレイノルズ数の違いによる渦励振の発生の有無を比較したものである。点線で囲まれている部分は 1/150 全橋模型実験において渦励振が発生した実橋風速 8~10m/s でのレイノルズ数の範囲を示しており、一方、実線で囲まれている部分は 1/70 部分模型実験での同じ風速域のレイノルズ数範囲を示している。ここでは、レイノルズ数の算出は模型桁高を用いた。本研究では、バネ定数を変えることにより固有振動数が 3.2Hz から 5.7Hz と約 1.8 倍になり、結果的にバネ定数を変える前よりもレイノルズ数が約 2 倍になっている。また、1/70 部分模型に関しては、1/150 部分模型の約 2 倍であるため、レイノルズ数が約 2 倍となる。

これらのことより、1/70 部分模型実験に加えて、高レイノルズ数での 1/150 部分模型実験でも渦励振が発生しないのは、レイノルズ数によって渦励振発現特性が変化するためと推察される。

なお、1/150 部分模型実験において、減衰を設計値の

0.02 としたケースも調査したが、最大振幅は低下するものの依然として渦励振は発現することを確認した。したがって、1/150 全橋模型実験で渦励振が発現した原因として、設計値よりも小さな減衰の影響は小さいと考えられる。

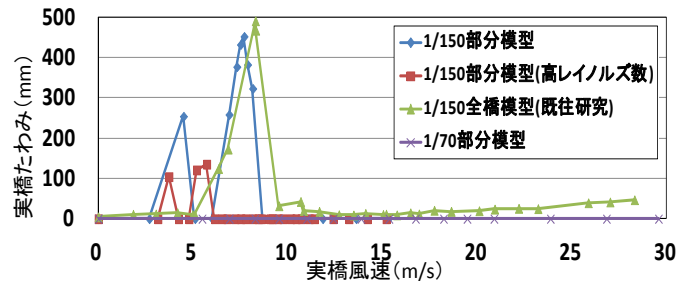


図 5 実橋風速と振動応答の関係

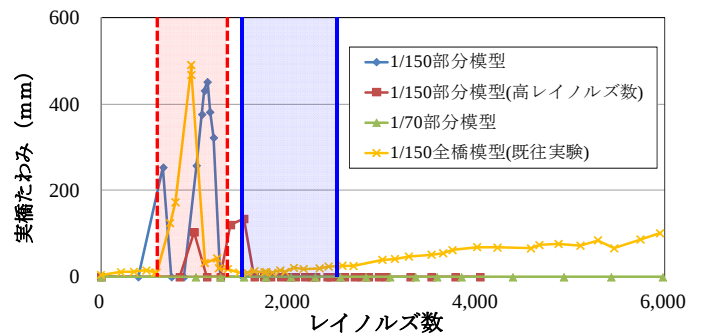


図 6 レイノルズ数と振動応答の関係

4. 結論

部分模型と全橋模型風洞実験での渦励振特性の差違に関して、実験条件、細部の模型化の影響に着目して検討した。その結果、縮尺の小さい模型を用いて風洞実験を行う場合には、高欄や落下物防止柵等の非常に小さな部材が渦励振の発生に影響を及ぼすこと、レイノルズ数依存性があることが示唆された。このため、特に小縮尺での風洞実験においては、細部の模型化に注意を要する。今後は、高欄等の模型化の定量的指標やより一般的な結論を導き出すための検討が求められる。

参考文献

- 1) 友田, 藤野, 勝地, 高橋, 上村, 川部, 伊藤: 低塔斜張橋主桁の耐風性能に関する検討, 土木学会第 67 回年次学術講演会概要集, I-360, 土木学会, pp.719-720, 2012.9
- 2) 伊藤, 藤野, 勝地, 高橋, 中川, 友田, 川部: 全橋模型試験による低主塔斜張橋の耐風挙動に関する検討, 第 22 回風工学シンポジウム論文集, 日本風工学会, pp.275-280, 2012.12