

進入灯橋梁（鋼管桁）の耐風安定性検討について

大阪航空局
パシフィックコンサルタンツ
三菱重工業
三菱重工業

長浜 正伸
正会員 山田 幹世
○正会員 四條 利久磨
正会員 斎藤 通

阿部 幸生
濤川 功
正会員 本田 明弘
正会員 杉山 貞人

1. はじめに

図1に示す海上空港の進入灯管理路として使用される進入灯橋梁は、 $\phi 1\text{m} \sim \phi 1.5\text{m}$ の鋼管に、ブラケットで支持された幅員1.9mのグレーチング床版が設置された構造となり、支間長は40m～50mである。

上記の形状的な特徴より予想される動的な空力特性として以下のことが考えられる。1）支間長は30m～50mと比較的短いものの、幅員が1.9mと狭く、細長比で比較すると国内最長の箱桁橋（なみはや大橋、海田大橋：中央支間250m）と同程度であり、空力振動が低風速から発生する可能性が高い。2）円形断面と矩形断面が組み合わされた断面であるため、円形断面と矩形断面の中間的な特性になり、渦励振が発生することが予想される。本稿では、鋼管桁の進入灯橋梁の基本的な空力特性を述べるとともに、有害な渦励振が発生した場合の制振検討について報告する。

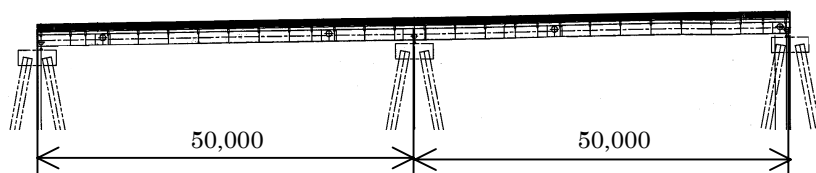


図1 進入灯橋梁側面図（2径間部）

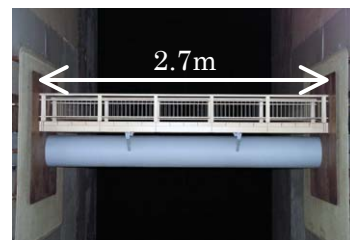


写真1 風洞試験状況

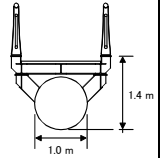
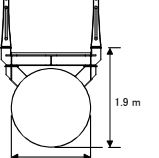
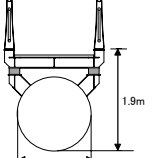
2. 試験概要

本試験では、まず、バネ支持試験で現状断面の耐風性を評価した。そして、有害な振動が発生した場合には、可視化試験を実施し対策の目処付けを行い、最終的には、バネ支持試験でその制振効果を確認した。

また、バネ支持試験におけるレイノルズ数の相似則については、渦励振に関しては安全側の評価となる（振動が大きくなる）と予想される亜臨界の性状で評価し、ギャロッピングに関しては超臨界の性状で評価した。

試験対象とした進入灯橋梁の振動諸元を表1に示す。バネ支持試験では、レイノルズ数の相似則を考慮し縮尺1/4の大型2次元部分模型を使用した。気流は一様流、迎角は 0° 、 $\pm 3^\circ$ とし、たわみ1自由度の試験を行っている。また可視化試験では縮尺1/35の2次元部分模型を使用している。

表1 振動諸元

項目	5径間部	2径間部	
	現状断面	現状断面	対策断面
断面図			
鋼管径 R	1m	1.5m	1.4m
桁高 D	1.4m	1.9m	1.9m
歩廊と鋼管の隙間 d	0.056m		0.156m
幅員 B	1.9m		
等価質量	1,097kg/m	1,242kg/m	1,286kg/m
固有振動数	0.972Hz	1.041Hz	1.012Hz

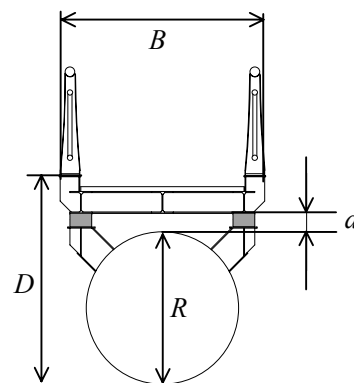


図2 進入灯橋梁断面図

キーワード 鋼管桁，風洞試験，渦励振，制振対策

連絡先 〒730-8642 広島県広島市中区江波沖町 5-1 三菱重工業(株) 広島製作所 橋梁設計課 TEL 082-292-3124

3. 試験結果

① 現状試験（[5径間部]φ1m断面, [2径間部]φ1.5m断面）

バネ支持試験結果を図3に示す。いずれの断面も風速 10m/s～15m/s で渦励振が発生した。ただし、渦励振の共振振幅が2つの断面で異なり、φ1m断面では振幅が 25mm 程度と小さく許容振幅以下となったが、φ1.5m断面では振幅が 100mm 以上となり、許容振幅を超える結果となった。

渦励振の開始風速 U で換算した無次元振動数 fD/U (f : 固有振動数, D : 桁高) を比較すると、φ1m断面では 0.14, φ1.5m断面では 0.155 程度となる。いずれの断面も正方形角柱と円柱のストローハル数の間の値となり、今回対象とした鋼管桁では、鋼管下面と床版上端からカルマン渦が発生していると考えられる。

図4に渦励振の無次元振幅 η/D (η : 渦励振振幅) を比較した結果を示す。φ1m断面では、円柱の試験結果¹⁾より小さな値となるが、φ1.5m断面では、円柱の試験結果¹⁾よりやや大きな値となり正方形角柱と円柱の中間的な性状になった。

以上の結果より、2つの断面とも鋼管下面と床版上部からカルマン渦が発生するがその強さが異なり、φ1m断面の場合、形状的な特徴からカルマン渦が弱められたと考えられる。

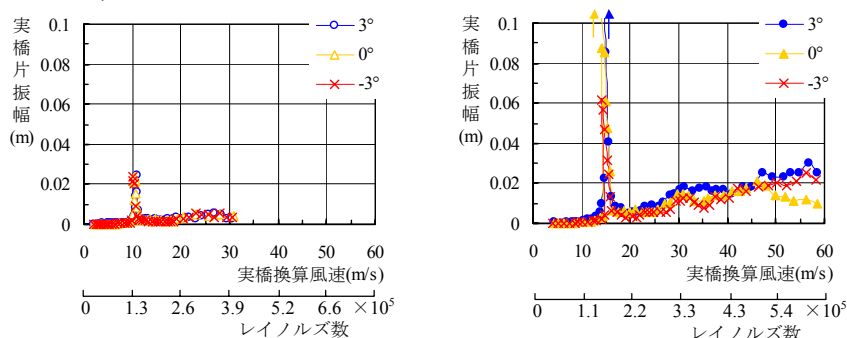


図3 バネ支持試験結果（左：φ1m, 右：φ1.5m）

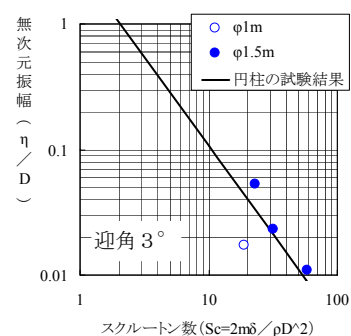


図4 円柱の試験結果との比較

② 対策試験（[2径間部]φ1.4m断面）

φ1m断面とφ1.5m断面の形状的な違いとして、鋼管径に対する鋼管と歩廊の隙間の割合（隙間比 d/R ）に着目したところ、φ1mはφ1.5mの1.5倍の隙間比となり、この事が渦励振の安定化の要因と推測した。以上より、鋼管径を 0.1m 縮める代わりに隙間を 0.1m 広げた対策断面（φ1.4m断面）の可視化試験を実施した。

φ1.5m断面とφ1.4m断面の可視化試験結果を写真2に示す。φ1.4m断面では、φ1.5m断面に比べ隙間を風が吹き抜けるため、カルマン渦の巻き込みが弱められていると考えられる。

φ1.4m断面のバネ支持試験結果を図5に示す。迎角 0°, -3° では渦励振が確認されず、迎角 3° では、φ1.5m断面で 100mm 以上発生していた渦励振振幅が 42mm と許容振幅内に収まり、耐風性を満足することが明らかとなった。

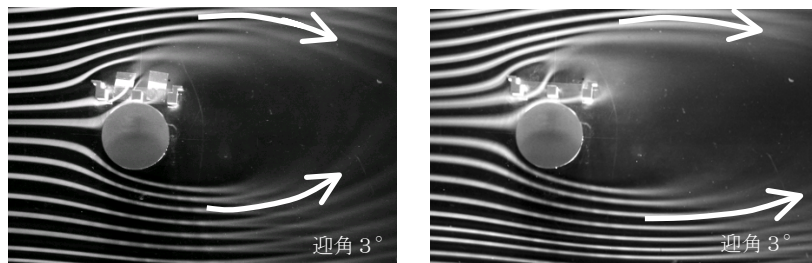


写真2 可視化試験結果（左：φ1.5m[現状断面], 右：φ1.4m[対策断面]）

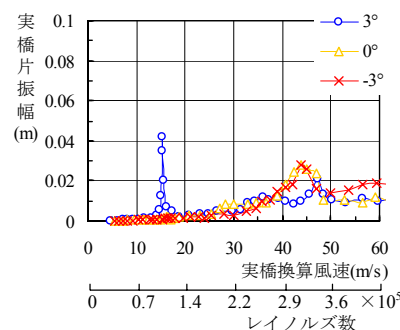


図5 バネ支持試験結果（φ1.4m）

4. まとめ

- ・ 鋼管桁は、鋼管と歩廊の位置関係によっては、低風速から渦励振が発生する可能性がある。
- ・ 鋼管と歩廊の隙間に風を流すことでカルマン渦を抑制し、渦励振を制振することが可能であると考えられる。
- ・ 実橋の制振対策として歩廊と鋼管の間隔を広げる案を採用した。

参考文献 1) 藤本, 大橋, 本田, ”円柱ケーブルの渦励振に関する研究”, 第46回年次学術講演会, 1991