

進入灯橋梁（偏心断面鋼管桁）の耐風安定性検討について

大阪航空局 富澤 康昌 畑 伊織 藤木 睦雄
 パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 武藤 信太郎 正会員 山田 幹世 正会員 金子 正之
 三菱エンジニアリング(株) 正会員 斎藤 通 山下 博

1. はじめに

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、直径1m程度の鋼管の上に幅員1.9mのグレーチング床版の歩廊が設置された構造となる。支間長は20m~50mであるが幅員が1.9mと狭いため、細長比(=支間長/復員)で比較すると国内有数の長大箱桁橋と同程度の細長比となり、低風速から渦励振が発生する可能性が示され風洞試験が実施された。その結果、断面形状によっては低風速から渦励振が発生し、鋼管と歩廊の隙間を広げる等の制振対策が実施された¹⁾。

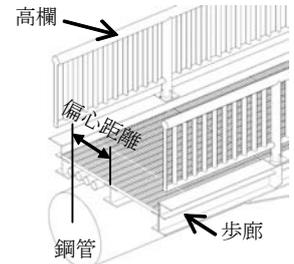


図1 鋼管桁概要

一方、風洞試験が実施されてきた進入灯橋梁は、歩廊の軸と鋼管の軸が一致した対称断面であったが、橋軸直角方向の鋼管片持ち張出し側に鋼管の軸を偏心させることで構造安定性に優れるという利点から、近年、歩廊の軸と鋼管の軸が橋軸直角方向に偏心した断面(以下偏心断面)の進入灯橋梁が増加している。したがって、本稿では、偏心断面の進入灯橋梁の基本的な空力振動特性を述べるとともに、渦励振が安定化される要因についてまとめる。

2. 試験概要

三菱重工業(株)長崎研究所所有の風洞設備を使用した。写真1に風洞試験状況を、表1に進入灯橋梁の構造諸元を示す。進入灯橋梁はレイノルズ数の変化により振動特性が変化することが過去の風洞試験より明らかとなっていることから、本検討では実構造物のレイノルズ数領域に近づけるように模型縮尺1/3~1/4の大型部分模型を製作し、たわみ1自由度で支持した試験を実施した。気流は一樣流、迎角は±3°、0°とし、対数減衰率はδ=0.02とした。なお、渦励振の発生する風洞風速域を亜臨界(Re<3.8×10⁵)とする『亜臨界試験』と、超臨界(Re>3.8×10⁵)とする『超臨界試験』を行い、総合的に耐風性評価を行った。

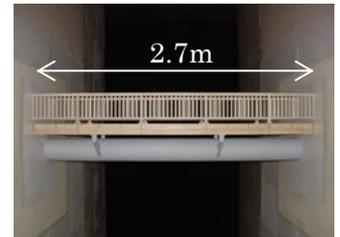


写真1 風洞試験状況

表1 進入灯橋梁の実橋の構造諸元

橋梁名	那覇空港(P1-P5径間)	那覇空港(P5-P13径間)	長崎空港(A1-P1径間)	長崎空港(P1-P4径間)
断面図				
鋼管径 R	0.813m	0.813m	0.900m	1.200m
桁高 D	1.306m	1.306m	1.300m	1.650m
隙間 d	0.150m	0.150m	0.056m	0.106m
幅員 B	1.900m	1.900m	1.900m	1.900m
等価質量 me	795kg/m	801kg/m	924kg/m	995kg/m
固有振動数 f	3.3Hz	2.5Hz	1.2Hz	1.4Hz
隙間比 d/R	0.185	0.185	0.622	0.883
高欄比率 BR	20%	27%	17%	15%

※1 隙間比: 鋼管直径に対する鋼管と歩廊の隙間の長さの比率, ※2 高欄比: 全体の投影面積に占める高欄の投影面積の比率

3. 試験結果

表2に渦励振が最も大きくなった鋼管風上風向、迎角3°の試験結果を示す。なお、実橋換算振幅はモード補正を行った後の値である。また、長崎空港のP1-P4径間以外は、基本断面にて耐風性を満足している。

1) 那覇空港

・P1-P5, P5-P13径間とも同様な傾向が見られ、亜臨界試験において風速35m/s付近で片振幅15mm程度の渦励振が発生したが、超臨界試験では明確な渦励振は確認されなかった。

2) 長崎空港

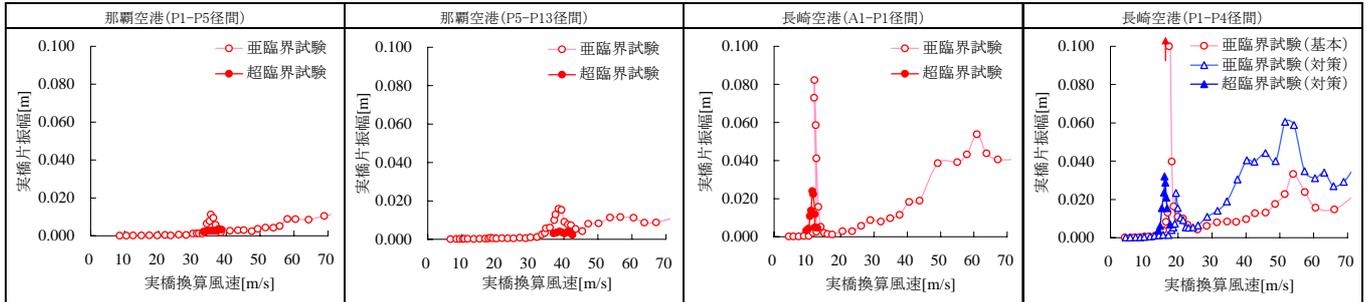
・A1-P1径間では亜臨界試験において風速12m/sで片振幅82mmの渦励振が発生し、超臨界試験では共振風速に変化はないが、共振振幅は1/4程度となった。

キーワード 進入灯橋梁, 偏心断面, 鋼管, 渦励振, 制振対策

連絡先 〒541-0052 大阪府大阪市中央区安土町2-3-13 大阪国際ビルディング パシフィックコンサルタンツ株式会社 TEL06-4964-2282

- ・P1-P4 径間では亜臨界試験において、基本断面では風速 17m/s で片振幅 100mm 以上の渦励振が発生した。したがって、歩廊下面に充実板を貼り付け隙間に流れる風を増やす対策を実施した結果、亜臨界試験、超臨界試験とも 30mm 程度まで渦励振を制振することができ、耐風性を満足する結果となった。

表 2 風速－振幅特性



4. 鋼管桁の渦励振が安定化する要因

那覇空港の進入灯橋梁（以下那覇）は長崎空港の進入灯橋梁（以下長崎）に類似な断面形状をしているが、長崎に比較すると那覇の渦励振は小さく耐風性上問題とならないことが明らかとなった。そこで、那覇の渦励振が安定化した要因について調査するため、図2に示すように簡易的に隙間を長崎（A1-P1 径間）と同程度にした断面『那覇改』の試験を実施した。図3に高欄の投影面積の比率と渦励振の共振振幅の関係を示す。なお、構造特性による影響を除去し形状の影響のみを評価するため、縦軸を無次元振幅（ $= \eta / D$ ） \times スクルートン数（ $Sc=2m_e \delta / \rho D$ ）で整理している。（ δ : 対数減衰率， ρ : 空気密度）

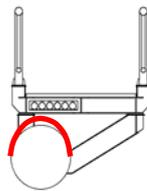


図 2 那覇改断面

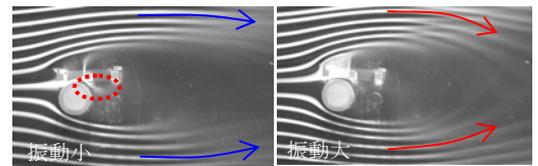


写真 2 可視化試験結果

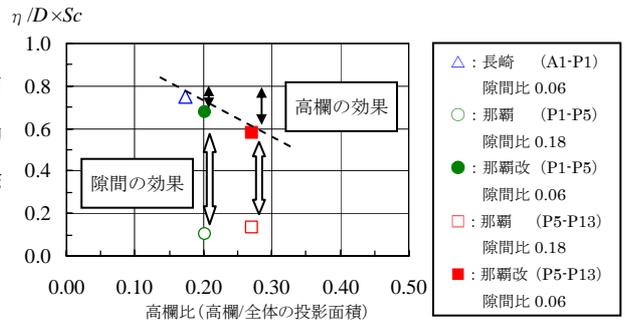


図 3 高欄の投影面積の比率と共振振幅の関係

1) 隙間の効果

隙間比を長崎と同程度に狭めると、P1-P5 径間は 7 倍程度、P5-P13 径間は 4 倍程度振幅が増加した（図3 ⇄）。したがって、偏心断面でも隙間を広げる制振対策が有効であることが明らかとなった。写真2に長崎の可視化試験結果を示す。渦励振が安定化された要因は、振動が抑制された流れ場からわかるように、鋼管と歩廊の隙間を流れる風（点線囲み部）が強まることにより進入灯橋梁全体から発生する渦が弱められたためだと推測できる。

2) 高欄の効果

隙間比を長崎と同程度の 0.06 にした那覇改でも長崎に比較して P1-P5 径間で 10%、P5-P13 径間で 20%程度振幅が小さくなり（図3 ⇄⇄），高欄比が大きくなるほど制振効果が高くなることが明らかとなった。一方、隙間比 0.18 では、高欄比の効果を確認されなかった。制振された要因として隙間の効果同様に高欄の投影面積が増えることで隙間を流れる風が増えたことが考えられるが、隙間比によっては制振効果が現れないことから、隙間比と高欄の投影面積の関係を詳細に調査し制振のメカニズムを解明する必要があると考える。

5. まとめ

- ・偏心断面の進入灯橋梁（鋼管桁）でも、鋼管と歩廊の隙間に流れる風を増やす方法（歩廊と鋼管の隙間を広げる、歩廊のグレーチング部分を塞ぐ）により、渦励振を安定化できる可能性が示された。
- ・また、高欄の投影面積を増やすことで渦励振を安定化できる可能性は示されたが、隙間比によっては制振効果が得られない可能性があり、その適用範囲を精査していく必要がある。

参考文献

1) 長浜他, ”進入灯橋梁（鋼管桁）の耐風安定性検討について”, 第 60 回年次学術講演会, 2005