

日本パラオ友好橋鋼桁架設時の耐風安定性の検討

三井造船株式会社	正会員	○吉住	文太
三井造船株式会社	正会員	井上	浩男
三井造船株式会社	正会員	釜井	英行
三井造船株式会社		東後	泉

1. はじめに

パラオ国の Koror 島と Babeldaob 島を連絡する日本パラオ友好橋は、2002 年 1 月に開通したメインスパンが 247m の複合エクストラドーズド橋¹⁾²⁾である（図 1）。本橋の鋼桁部（85m）の架設は、両側 PC 部を架設した後、PC 部先端に設置されたジャッキで台船より鋼桁を一括して吊り上げ、接合桁と連結する大ブロック架設方式で行われた。現場添接作業には、ウェブ・下フランジのボルト連結部の現場孔あけ、鋼床版の現場溶接などがあり、吊り上げから閉合まで 3 週間程度を要することが予想された。そこで、その期間に桁部に有害な対風応答が生じないように架設系の耐風安定性と安定化策を検討した。

2. 連結部の耐力と制振目標

鋼桁の現場添接期間において、風による振動に対して最も危険な構造系と考えられるものは、鋼桁の位置を保持するためにウェブを仮添接した状態であった。仮連結部は、上下左右の 4 箇所を連結板でボルト接合するものであり、ボルトの破断耐力から制振目標を定めた。静的な死荷重による断面力と渦励振による動的な断面力から連結部のせん断力を求め、後者がモード振幅に比例する関係から以下のように許容振幅を算出した。なお、問題となる振動モードは 20m/s 以下で渦励振の発現が懸念された鉛直たわみ 1 次モードである（図 2）。

$$\sqrt{\left(\frac{Q^s}{4} + \frac{k_Q}{4} \eta_c\right)^2 + \left\{\left(\frac{k_N}{4} + \frac{k_{My}}{2h}\right) \eta_c\right\}^2} \leq F_{1Gcr}$$

ここで、 Q^s ：死荷重によるせん断力、 k_Q 、 k_N 、 k_{My} ：鉛直たわみ 1 次モードにおける（せん断力、軸力、水平軸回り曲げモーメント）/（スパン中央部振幅）の比例係数、 h ：連結板の上下間隔、 η_c ：鉛直たわみ 1 次モードのスパン中央部の振幅、 F_{1Gcr} ：上下左右 4 箇所の各ボルト群に作用する許容せん断力である。結果、許容振幅は $\eta_c = 79\text{mm}$ となった。

3. 風洞試験と応答解析

桁部剛体模型を用いた 2 次元バネ支持試験を実施した。模型はフェアリングを交換することで、架設時の PC 桁部と鋼桁部をそれぞれ再現した。桁断面を図 3 に、試験諸元を表 1 に示す。耐風安定化策は、現地で簡単に調達可能な資材を用いた極力簡易な空力対策付加物を鋼桁区間のみに取り付けることを基本方針とし、床面上に設置する鉛直板（VP）、張り出し板（Wing）を中心に検討した。主な検討ケースの付加物を図 4 に、2 次元バネ支持試験の V-A 図を図 5 に示す。付加物なしの基本断面では、実風速換算で 14-16m/s で渦励振が発生し（25m/s 以上の風速域では顕著な応答は観測されなかった。）何らかの対策が必要であることが確認された。鉛直板を設置したケースでは、床版との間にスペースを設けた VP2 で制振効果がみられた。張り出し板は、張り出し幅が大きいほど制振効果が認められ、斜め上方に張り出した Wing3 も効果が見られた。PC 桁と鋼桁の風速-振幅-空力減衰の関係を用いて、鉛直たわみ対称 1 次モードにいわゆる Strip Theory を適用して推定した 3 次元架設系の応答図を図 6 に示す。構造対数減衰率は、架設系であることを考え $\delta_s = 0.01$ と仮定している。2 次元試験で渦励振が消滅した鉛直板 VP2 が 3 次元系では張り出し板に劣る結果となっている。これは、

キーワード エクストラドーズド橋、複合橋、架設、渦励振、風洞試験、耐風対策

連絡先 〒196-0012 東京都昭島市つつじヶ丘 1 丁目 1 番 50 号（株）三井造船 TEL 042-545-3114

図7のPC桁の渦励振域における振幅-空力減衰の関係に示されるように、張り出し板を設置した断面は鉛直板VP2より大きな正減衰となっており、この風速でより大きな制振効果を有するためである。

4. まとめ 3.の結果をもとに、実橋架設時には、Wing1と2の中間の張り出し長でも所要の制振効果が得られると判断し、調達が容易な1800mmの合板を張り出した。架設中は30秒平均風速で最大18m/sの風が観測されたが、有害な振動を生じることなく鋼桁架設を完了することができた。

参考文献

- 1) パラオ国・日本パラオ友好橋の施工（上） 橋梁と基礎、vol. 35、No. 12、pp. 2-9、2001. 12
- 2) パラオ国・日本パラオ友好橋の施工（下） 橋梁と基礎、vol. 36、No. 1、pp. 19-25、2002. 1

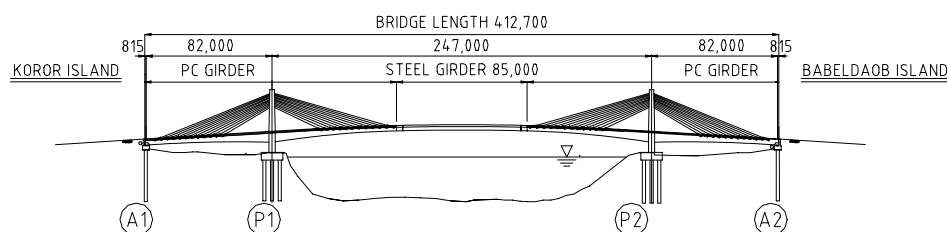


図1 日本パラオ友好橋一般図 (mm)

1st mode (Girder Sym. 1st), $f=0.659$ [Hz]

Node No. 53 60 67

Node No. 60: Center of Main Span
Node No. 53 & 67: Metal-PC Connecting Point

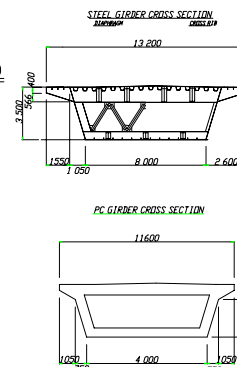


図3 桁断面図 (mm)

図2 鉛直たわみ1次モード（PC桁 - 鋼桁仮連結状態）

表1 バネ支持試験条件（たわみ1自由度）

		実橋想定値		試験条件	
		目標値	試験値		
縮尺1/S	S=	1	50		
代表幅B	鋼桁部 [mm]	13200	264		
	PC部 [mm]	11600	232		
桁高D	[mm]	3500	70		
質量m	[kg/m]	12620	5.048	5.05	
振動数f	たわみ [Hz]	0.659	4.04	4.16	
構造対数減衰率	たわみ (B/200)	-	0.02	0.020	

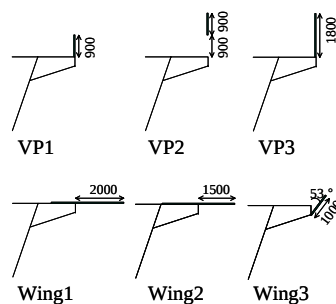
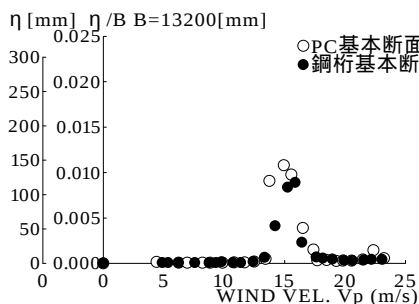
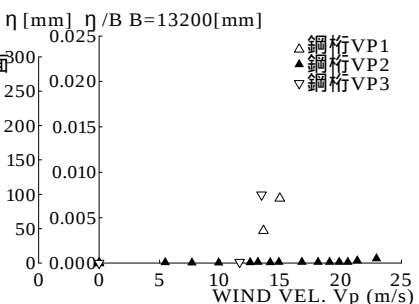


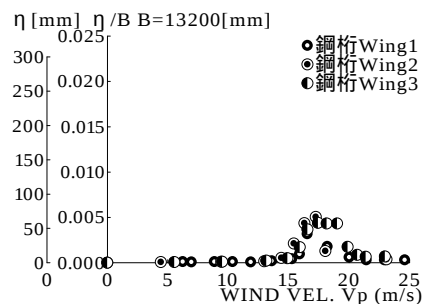
図4 検討した空力対策付加物 (mm)



(1) バネ支持試験 基本断面

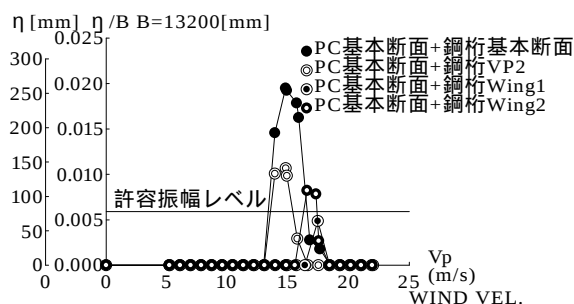


(2) バネ支持試験 鋼桁+鉛直板



(3) バネ支持試験 鋼桁+Wing

図5 バネ支持試験結果 V-A（風速 - 振幅）応答図（実橋換算値）



鋼桁仮連結状態 鉛直たわみ対称1次モード
（鋼桁中央部振幅）

図6 3次元応答解析結果（構造減衰 $\delta_s=0.01$ ）

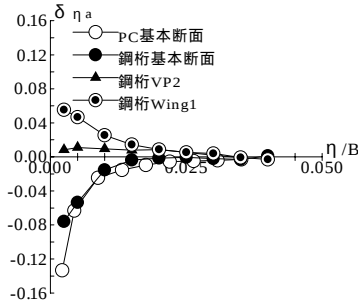


図7 PC断面渦励振振幅最大時風速における
A- δa （振幅 - 空力減衰）関係