

鋼中路式単弦ローゼ橋の3次元模型による耐風特性

九州工業大学工学部 正 会員 ○加藤 九州男
九州工業大学工学部 正 会員 久保 喜 延
九州工業大学工学部 学生会員 林田 宏 二
福岡県土木部 正 会員 角 和 夫

1. まえがき 本橋の鋼中路式単弦ローゼ橋(以下、単弦ローゼ橋と呼ぶ)は、新北九州空港と荊田とを結ぶ海上橋として架設が計画されている橋梁で、新北九州空港連絡橋のシンボル橋である。図1に示すような単弦ローゼ橋は、全長400mの三径間単弦ローゼ橋で、中央径間210mという国内でも有数の長径間単弦アーチ橋である。本橋は、固有振動数が相対的に低下した柔な構造特性を有するため、動的耐風性の検討が重要な課題となる。

そこで本研究では、三次元弾性模型を用いた風洞実験を行い、一様流中および境界層乱流中での不安定振動発生の可能性について照査した。

2. 実験概要 本実験に使用した風洞は、九州工業大学工学部付属の境界層波浪風洞(測定風速 $V=0.5\sim6.0\text{m/s}$)であり、単弦ローゼ橋の実験用模型は、風速倍率、風洞の規模等を考慮し、縮尺率($1/n$)は、 $1/200$ とした。写真1には、三次元模型の設置状況を示し、変位の計測位置を示している。なお、模型の諸元は表1に示す通りである。この三次元模型の剛性は、桁の剛性棒に桁部およびアーチ部の曲げ剛性とねじれ剛性を持つ剛性棒で代表させた。桁部は、剛性棒に長さ70mm~100mm程度の木製の模型外形材を1mm間隔で取付、模型の外形材の剛性が付加されないように製作した。アーチ部は、檜材の薄板を張り合わせて製作し、アーチ部材を長さ約70mmに分割し、吊部材により床板に取り付ける構造とし、アーチ部の剛性が剛性棒に付加されないようにした。単弦ローゼ橋のアーチ部の中央径間のみに着目してモデル化を行ったため、側径間部は剛体模型とした。桁断面は、図2に示すように、高欄や地覆を省略した断面で、桁端部の張り出しが異なる非対称断面となっているため、風向は、風向が車道側からの場合と風向が歩道側からの場合の二種類について実験を行った。迎角 α は、 $-6^\circ\sim+6^\circ$ まで 3° 毎に変化させた。乱流は、現地での冬の季節風に相似させたもので、乱流強度8%~10%の乱流をスパイアーおよび粗度ブロックを配置して発生させた。¹⁾

3. 実験結果と考察

***動特性** アーチ部の剛性を考慮するために、剛性棒に張力を導入し、固有振動数の調整を行った。固有振動数と振動モードの測定から三次元用模型の製作精度についてみると、表2に示すよう

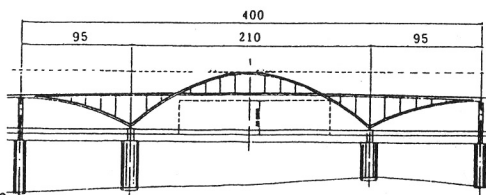


図1 鋼中路式単弦ローゼ橋(単位 m)



写真1 三次元模型の設置状況($S=1/200$)

表1 模型の諸元 ($1/n=1/200$)

項 目	実 橋	模 型	
		所要値	実現値
主 桁	単位長さ 当り重量	5.96 t/m	0.1489 kg/m
	極慣性 モーメント	24.6 t $\cdot$ m ² /m	1.537E-5 kgm ² /m
アーチ	単位長さ 当り重量	2.39 t/m	0.0597 kg/m
			0.0552 kg/m

表2 固有振動数と振動モード

振動数	振 動 モード
所要値 8.706Hz 実現値 9.25Hz	$f_1=0.6158\text{Hz}$ 面外1次 アーチ
所要値 14.361Hz 実現値 10.25Hz	$f_2=1.0155\text{Hz}$ 面内1次 アーチ
所要値 19.978Hz 実現値 23.2Hz	$f_3=1.4127\text{Hz}$ 面外2次 アーチ

に、実現値は立体解析²⁾の所要値と比較して約6～35%の誤差となっている。対数構造減衰率は、各振動モードに対し、ほぼ $\delta < 0.025$ 以下である。

***応答特性** 桁の鉛直およびねじり振動変位と、アーチリブの面外および面内振動変位について測定した。

図3(a)～(c)は、各振動モード毎の応答変位図(各振動モードに対するスペクトル値から求めている。)を示している。

横軸は実橋風速で、縦軸は応答振幅である。図3によると、面外振動の1次モード(固有振動数 $f_1=9.25\text{Hz}$)が卓越しているが、面内振動モードは発現しにくい。

(1)一様流中における応答 ①風向が車道側からの場合

面外1次モードの渦励振が実橋風速 $V_p=9.9\text{m/s}$ 付近で発生している。面外2次モードでは、実橋風速 15.9m/s 、 20.8m/s で渦励振が発生している。しかし、面外2次モードの振動振幅は構造減衰率 $\delta=0.02$ においても非常に小さい。これらの振動は、桁のねじれ振動によって、アーチリブの振動が生じているものである。面外1次振動についてみると、構造減衰率 $\delta=0.016$ においてアーチクラウン部で水平倍振幅は実橋で 25cm 程度の振動となる。

②風向が歩道側からの場合 顕著な面外1次モードの渦励振は発生していない。設計風速 $V_d=40\text{m/s}$ 程度でアーチクラウン部の桁のねじれ振動による水平振幅は実橋で振幅 5cm 程度である。

(2)乱流中における応答 ①風向が車道側からの場合

図面は省略しているが、面外1次振動について、迎角 $\alpha=+6^\circ$ のときに桁の渦励振にともなうアーチリブの振動が観察されており、アーチクラウン部での水平倍振幅は実橋で 20cm 程度の振動が発生する。乱流によるバフティングとしての振動を見ると、設計風速 $V_d=40\text{m/s}$ で桁の面外1次振動にともなうアーチクラウン部の水平振幅は実橋で最大 37.5cm となっている。

②風向が歩道側からの場合 一様流中と同様に、顕著な渦励振は発生していない。図4によると、乱流中での最大応答振幅を見ると、設計風速 $V_d=40\text{m/s}$ で桁の面外1次振動にともなうアーチクラウン部の水平振幅は実橋で 40cm 程度である。

4. まとめ 単弦ローゼ橋の耐風性に関して、三次元模型を用いた風洞実験により定量的な評価を試みた結果、本試験は構造減衰率が小さい実験であるが、本橋では、面外振動の比較的大きい振動振幅の発現が予測された。実橋の構造減衰率がどの程度になるかによるが、面外振動モードの構造減衰率は、面内振動モードに比べ、かなり低いことが予想されるため、桁・アーチの空力特性を改善して渦励振およびバフティングを抑制するか、その他の対策をとるか今後詳細な検討を行う必要があると考えられる。

参考文献 1)加藤,他:下関人工島連絡橋の架設系の耐風特性,土木学会西部支部研究発表会講演概要集(H7.3)

2)鋼中路式単弦ローゼ橋の振動特性,新北九州空港連絡橋技術専門委員会資料(H7.5)

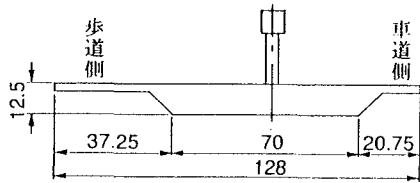
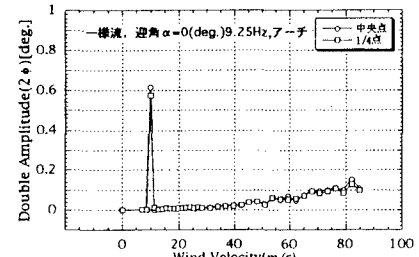
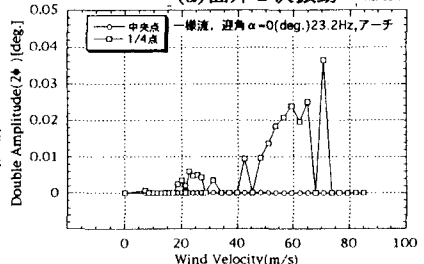


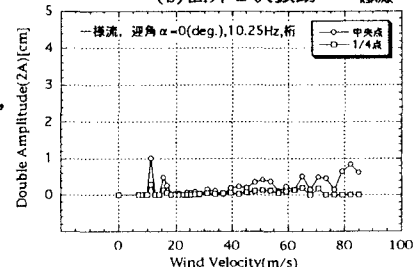
図2 桁断面の形状(単位 mm)



(a)面外1次振動 RSPC3A



(b)面外2次振動 RSPC3A



(c)面内1次振動

図3 一様流中の応答

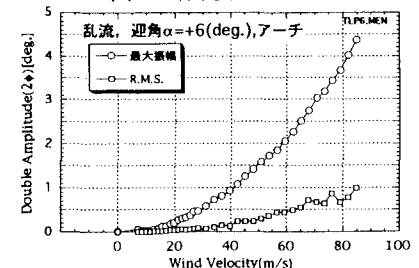


図4 乱流中の応答