

4 径間連続鋼 2 主桁橋の耐風安定性

大阪大学工学部 正 員 川谷充郎 大阪市建設局 日種俊哉
 大阪大学大学院 学生員 ○太田 圭 大阪市建設局 正員 中西正昭
 大阪大学工学部 正 員 西村宣男 大阪市建設局 正員 川村幸男

1. まえがき 大阪市が建設中の木津川新橋（仮称）のアプローチ部を構成する4径間連続桁は、支間割 97.9+107.5+107.5+106.8mの鋼床版2主桁橋である。本橋は、曲げ振動の基本固有振動数が約 0.7Hzとかなり低く、さらに、高架橋（OP+23.5m～OP+42.45m）であるために、強風に曝される可能性が高いことなどから、計画当初より耐風安定性が問題とされた。そのため、基本計画の段階において、一様流中での2次元部分模型による風洞試験を実施し、耐風安定性の照査および空力制振装置の効果について検討した^{1)・2)}。それらの風洞試験結果を参照して、実施設計に際して、できる限り空力的に安定な断面にするために、車道側の壁高欄をポスト高欄に変更された。その風洞試験結果により、さらに高欄の充腹率を小さくするように変更された。本研究では、それらの変更された橋桁断面の動的耐風安定性を明らかにする。さらに、各種空力制振装置の制振効果について調査結果を報告するものである。

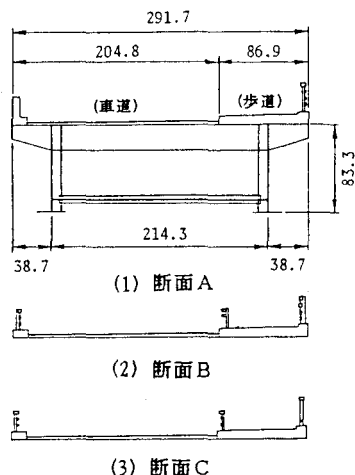


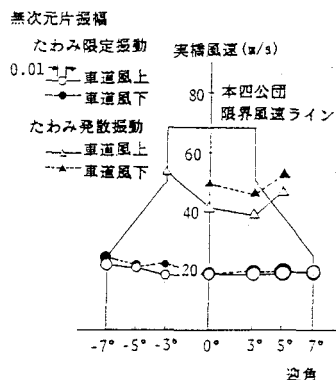
図-1 橋桁断面図

2. 実験方法 図-1に示すように、基本計画案の桁断面A、車道側の壁高欄をポスト高欄に変更した断面B、および高欄の充腹率をさらに小さくし、それに伴い車両防護欄を変更した断面Cの3種類の断面について、動的耐風安定性試験を行った。これらの模型を一様流中において、鉛直たわみ1自由度振動系にばね支持した。ばね支持試験模型の相似条件を表-1に掲げる³⁾。これらの模型を迎角 $\alpha \leq 7^\circ$ の範囲で変化させ、それぞれに対し限定振動および発散振動の測定を行った。また、これらの各断面に対し、種々の空力制振装置を付加し、これらの制振効果を調査した。

表-1 ばね支持試験模型の相似条件

項目	実橋	模型	
		所要値	実験値
縮尺		1/42	1/42
重量	9.896 (ton/m)	4.809 ± 0.086 (kg/model)	4.809 (kg/model)
曲げ1次振動数	0.707Hz		3.24Hz
風速倍率	—	—	9.16
構造減衰	—	0.02 ± 0.005	0.0192 ~ 0.0197

3. 実験結果・考察 (1) 断面A 断面Aにおける動的耐風安定性の試験結果を図-2に示す。これは、限定振動振幅最大時の風速および発散振動の限界風速と迎角 α の関係を、発振風速—迎角曲線 ($V_{cr}-\alpha$ 曲線) として表したものである。図中の枠は、本四耐風設計基準で定められている限界風速ラインである⁴⁾。この枠内において、限定振動および発散振動が発生してはならないものである。この図より、渦励振は全迎角で発生し、振幅もかなり大きい。ギャロッピングは $|\alpha| \leq 3^\circ$ で発生している。車道風上の場合の方が車道風下の場合よりも、低風速でかつ小さい迎角からギャロッピングが発生している。これよりギャロッピングの関しては、歩道風上の方が比較的安定性がよいといえる。



(2) 断面B 本橋の実施設計においては、(1)の結果を参照し、基本断面の耐風安定性を向上させるために、車道側の壁高欄がポスト高欄に変更された。また、歩車道境界安全欄が設けられ、歩道側高欄は車両防護欄を兼ねるものに変えられている。この場合の $V_{cr}-\alpha$ 曲線を図-3

Mitsuo KAWATANI, Toshiya HIGUSA, Masaaki NAKANISHI, Yukio KAWAMURA, Kei OTA and Nobuo NISHIMURA

に示す。この断面において、渦励振は全迎角で発生し、振幅もかなり大きい。ギャロッピングは、車道側風上の場合 $-2^{\circ} \leq \alpha \leq +3^{\circ}$ で発生し、車道側風下の場合 $|\alpha| \leq 5^{\circ}$ で車道側風上の場合より低風速から発生している。ギャロッピングに関して、歩道側風上において、断面Aより不安定になった。これは、歩道側高欄の充腹率が断面Aより大きくなったためと考えられる。(3) 断面Bの空力制振装置 空力制振装置として、ワンフラップ、ダブルフラップ、フェアリングおよびデフレクターを用い、これらを単独あるいは組み合わせて制振効果の確認を行った。

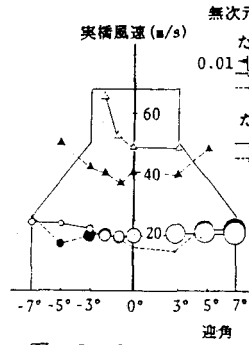


図-3 $V_{cr} - \alpha$ 曲線 (断面B)

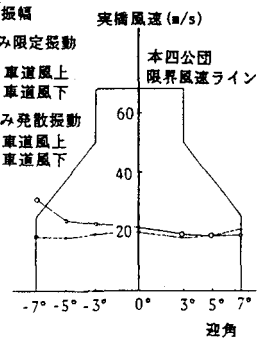


図-5 $V_{cr} - \alpha$ 曲線 (断面B + 制振装置)

その結果、最終的に図-4に示すような車道側にはダブルフラップ、歩道側にはダブルフラップ+デフレクターを付設した場合、図-5に示すように、全迎角で渦励振およびギャロッピングを共に抑制することができた。(4) 断面C 桁の製作上の関係でデフレクターを主桁に付設することが難しいため、基本断面形状の耐風安定性の向上を目指して、車道側および歩道側の高欄の充腹率を小さくし、それに伴い歩車道境界安全柵が車両防護柵とされた(図-1の断面C)。この $V_{cr} - \alpha$ 曲線を図-6に示す。高欄の充腹率を小さくしたことにより、渦励振についてはその効果が余り見られないが、ギャロッピングに対しては限界風速がより高風速側へ移動したり、迎角によっては振動自体が起こらなくなり、耐風安定性が向上した。(5) 断面Cの空力制振装置 断面Cに対しては空力制振装置として、上下非対称フェアリング、ワンフラップおよびダブルフラップを用い、これらを単独あるいは組み合わせて制振効果の確認を行った。その結果の内、ダブルフラップ、フェアリングおよびフェアリング+ワンフラップを付設した場合の渦励振最大振幅を表-2に示す。これらの試験ケースにおいて、ギャロッピングは発生しなかった。この表より、ダブルフラップを付設することにより、渦励振およびギャロッピングを共に抑制することが分かる。しかし、ダブルフラップは車からの視界の妨げになる等、景観上余り好ましいものではない。フェアリングを付設した場合、最も危険と思われた $\alpha = 0^{\circ}, +3^{\circ}$ において、ギャロッピングが発生しなくなる。しかし、無次元振幅 $\eta/B = 0.015$ 程度の渦励振が残る。このフェアリングにワンフラップを付加した場合(図-7参照)、フェアリングのみの場合に比べ、さらに渦励振の無次元振幅を $\eta/B = 0.005 \sim 0.013$ 程度と小さくできることが分かる。

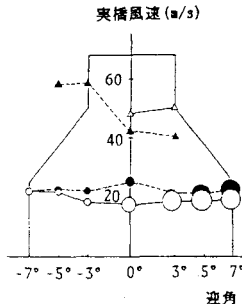


図-6 $V_{cr} - \alpha$ 曲線 (断面C)

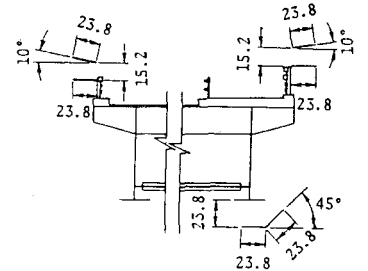


図-4 制振装置付設断面図

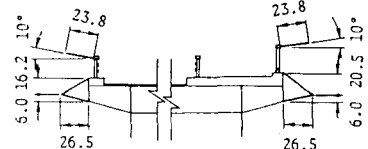


図-7 制振装置付設断面図

表-2 渦励振の最大振幅

制振装置	α	ダブル フラップ	フェアリング	フェアリング ワンフラップ
車道風上	-7°	0.0047	—	—
	-5°	0.0034	—	—
	-3°	0.0035	—	0.0053
	0°	0.0023	0.0131	0.0062
	$+3^{\circ}$	0.0021	0.0175	0.0102
	$+5^{\circ}$	0.0060	—	—
	$+7^{\circ}$	0.0035	—	0.0133
車道風下	-7°	0.0048	—	—
	-5°	0.0038	—	—
	-3°	0.0029	—	—
	0°	0.0014	0.0129	0.0046
	$+3^{\circ}$	0.0011	0.0155	0.0095
	$+5^{\circ}$	0.0095	—	—
	$+7^{\circ}$	0.0007	—	—

注) 数値は無次元片振幅 η/B (η :片振幅、 B :弦長)。
— : 試験せず。

場合、最も危険と思われた $\alpha = 0^{\circ}, +3^{\circ}$ において、ギャロッピングが発生しなくなる。しかし、無次元振幅 $\eta/B = 0.015$ 程度の渦励振が残る。このフェアリングにワンフラップを付加した場合(図-7参照)、フェアリングのみの場合に比べ、さらに渦励振の無次元振幅を $\eta/B = 0.005 \sim 0.013$ 程度と小さくできることが分かる。

- <参考文献> 1) 岸上岩樹・小松定夫・川谷充郎: 土木学会第39回年次学術講演会講演概要集, I-304, 1984. 10
2) 大阪大学工学部土木工学科: 4径間連続鋼桁橋(木津川新橋アプローチ)の耐風安定性に関する実験的研究(その2), 昭和58年度災害科学研究所受託研究成果報告書, 1984. 3.
3) 本州四国連絡橋公団: 本州四国連絡橋風洞試験要領(1980)・同解説, 1980. 6.
4) 本州四国連絡橋公団: 本州四国連絡橋耐風設計基準(1976)・同解説, 1976. 3.