

立命館大学大学院 学生員 ○川田康裕
大日コンサルタント(株) 正会員 後藤 隆
大日コンサルタント(株) 正会員 宮之上昭彦
大日コンサルタント(株) 正会員 柴田正晴
立命館大学理工学部 正会員 小林紘士

1) はじめに

本研究で対象としている橋梁は、図 1 に示すように断面形状は中央部に開口部を持つ箱型断面であり、中央一面吊りの斜張橋(支間長 152.4m)である。固有振動数は、たわみ 1 次 0.957Hz、ねじれ 1 次 0.820Hz であり、ねじれの固有振動数の方が低いのが特徴的である。

本研究では、縮尺 1/50 の 2 次元剛体模型を用いて、渦励振、フラッターについて風洞試験を実施し^{1) 2)}、耐風安定性について検討を行い、空力的に最適な断面を提案することを目的とした。構造諸元を表 1 に示す。

2) 鵜飼い大橋の渦励振特性

2 次元剛体模型は縮尺 1/50 で模型長 1172mm、檜部材よりできている。鉛直曲げ、ねじれ 2 自由度にバネ支持して、立命館大学理工学部所有のゲッチングン型風洞にて一様気流を作用させ応答実験を行った。設計基本断面の応答結果を図 2 左側に示す。縦軸は振幅の 2 乗平均平方根(rms.)である。横軸は風速を模型の固有振動数 f (たわみ f_y = 3.66Hz、ねじれ f_θ = 3.17Hz)と桁高 D で除し無次元化している。これを見ると各迎角においてたわみ、ねじれ共に渦励振が発生している。そこで、各種の対策を考えた^{1) 2)}。その中で車歩道高欄を 50cm 嵩上げし、更に歩道高欄を正方形パネルで 50%閉塞し(最終断面案)、空力的に制振対策を行った場合、図 2 右側のように制振効果が得られた。しかし、迎角+5°で微小なたわみ渦励振が発生している。これらの 2 断面において発生した渦励振を対象に使用性、初通過破壊、疲労破壊について数値的に照査した。照査基準は表 2、照査結果を表 3 に示す。これをみても明らかに最終断面案が優れている事が分かる。但し、+5°のたわみ渦励振については、振動加速度は約 60gal となり表 2 の照査基準の場合、適さないことになった。

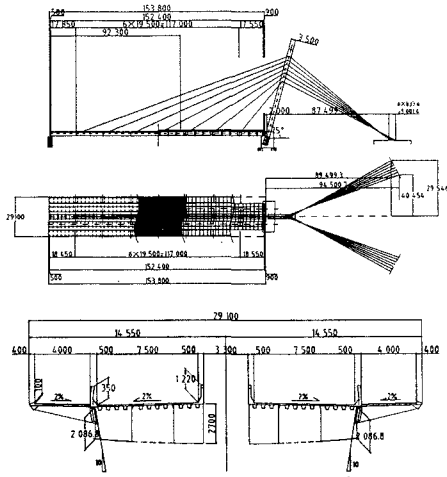


図 1 鵜飼い大橋一般図及び断面図(単位 mm)

表 1 実橋及び模型の各諸元値

	実橋	縮尺 1/50 模型 / 所要値
重量	25.306t/m	10.143kgf/m / 10.121kgf/m
慣性モーメント	1549.7tmm ² /m	0.2490kgmf/m / 0.2480kgmf/m
構造減衰率	たわみ	たわみ
	ねじれ	ねじれ
固有振動数(Hz)	たわみ	たわみ
	ねじれ	ねじれ
固有振動数比	0.857	0.866
風速倍率		13.07 倍

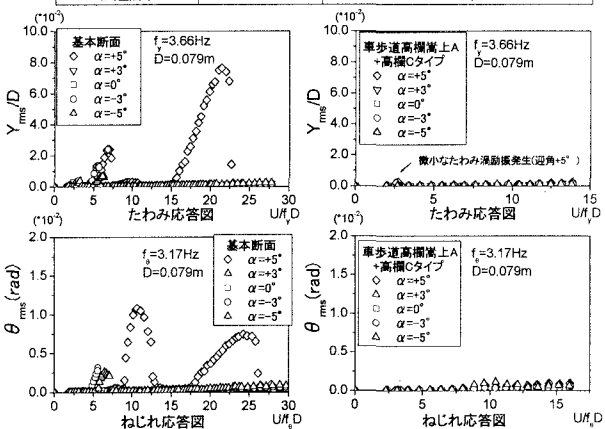


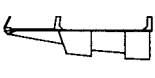
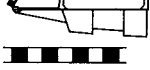
図 2 基本断面及び制振対策断面 応答図

Yasuhiro KAWATA, Takashi GOTO, Akihiko MIYANOUE, Masaharu SHIBATA, Hiroshi KOBAYASHI

表2 照査基準

使用性		初通過破壊	疲労破壊
歩行者	15m/s 以下の風速で発生	最大活荷重の1/2 以上載荷と渦励振の発生が同時に生じる事象が少ないと考える。	下フランジの高力ボルト摩擦接合にでの母材の疲れ強さ $\leq$ 渦励振による発生応力
	加速度: 0.5m/s ² 以下		
車両	20m/s 以下の風速で発生	死荷重応力+1/2 活荷重応力+渦励振応力 $\leq$ 許容応力度 (2,600kgf/cm ²)	$S=10^{0.124} N^{-0.318}$ S: 限界疲れ強さ N: 繰返し振動回数
	加速度: 1.0m/s ² 以下		

表3 照査結果一覧

断面図	迎角	試験結果の評価				総合判定
		使用性	初通過破壊	疲労破壊		
〈基本断面〉 	+5°	△	○	○	△	×
	+3°	◎	◎	○	◎	
	0°	×	○	○	×	
	-3° ~ -5°	△	△	○	△	
	+5° ~ -5°	△	△	○	△	
	+3°, 0°	◎	◎	○	◎	
〈最終断面案〉 	-3°	△	×	○	×	○
	+5°	×	○	○	×	
	+3° ~ -5°	◎	◎	○	◎	
	+5° ~ -5°	◎	◎	○	◎	

使用性 ◎ 振動加速度は限界値以下、発現風速は限界値以上で共に問題無し
○ 振動加速度は限界値以下で問題無いが、発現風速が限界値以下で問題がある
△ 振動加速度は限界値以上で問題であるが、発現風速は限界値以上で問題無い
× 振動加速度は限界値以上、発現風速は限界値以下で共に問題有り
初通過破壊、疲労破壊 : ○ 許容値を超えない、× 許容値を超える
総合判定 : ◎ 最適、○ 適、△ 問題あり、× 不適

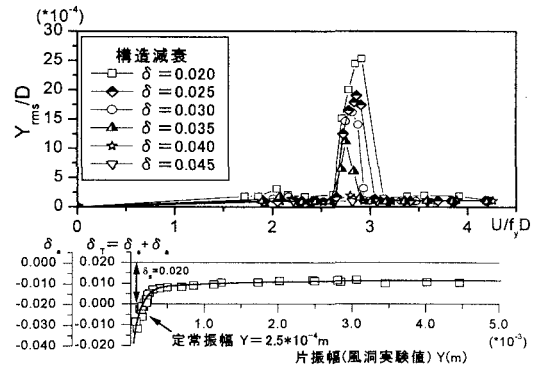


図3 最終断面+5° 構造減衰別たわみ応答図
及び たわみ渦励振ピーク時の空力減衰

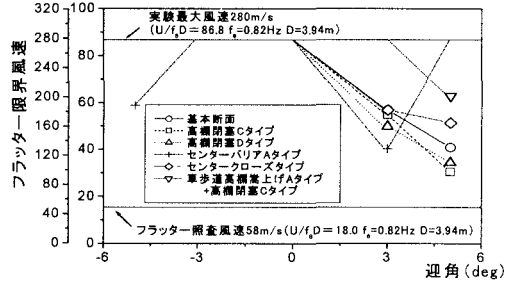


図4 制振対策断面別 フラッター発現風速

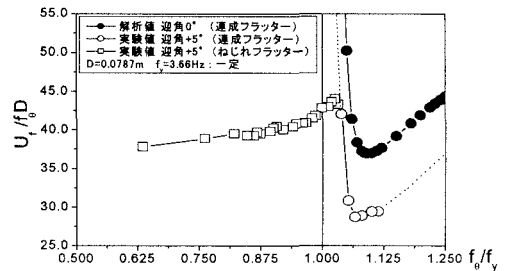


図5 実験及び解析によるフラッター発現風速(基本断面)

次に構造的な対策として、構造減衰がどの程度あれば渦励振を抑制できるのかについて、最終断面案+5°における微小なたわみ渦励振を対象に、実際に構造減衰を変更して応答試験をした結果と、空力減衰を測定した結果を図3に示す。これを見ると、構造減衰が0.040程度あれば渦励振は発生しないことが分かる。

3) 鵜飼い大橋のフラッター特性

風洞試験により、種々の断面についてフラッター発現風速を調査したが、図4に示すように、正の迎角で発現風速が低下するものの照査風速に対して十分高風速であり、設計基本断面でも十分安全である。

また、施工段階における諸条件の変化によって振動数比が変わった場合でも、図5に示すように振動数比が1.07付近で発現風速は最も低下するが、その風速は照査風速の約2倍となり、振動数比が変化してもフラッターは問題とならないことが分かった。

4) まとめ

- 渦励振については空力的対策として車歩道高欄を50cm嵩上げし、歩道高欄を正方形パネルで50%閉塞すれば最も制振効果が高く、迎角 $\alpha = +5^\circ$ で発生する微小なたわみ渦励振以外は、使用性、初通過破壊、疲労破壊についても問題ない。
- 最終断面案 迎角 $\alpha = +5^\circ$ で発生する微小なたわみ渦励振は、構造減衰が0.040以上あれば抑制できる。
- フラッターについては、どの断面も問題ない。

【謝辞】 本研究を遂行するにあたり御協力頂いた立命館大学理工学部4回生の浮気久範氏に謝意を表します。

- 【参考文献】 1) 川田、後藤、柴田、小林：開口部を有する斜張橋の動的耐風性に関する実験、平成11年度関西支部年次学術講演会、pp I-62-1~I-62-2, 1999
- 2) 柴田、宮之上、後藤、川田、小林：鵜飼い大橋の動的耐風性に関する試験、土木学会第54回年次学術講演会、pp722-723, 1999