

箱桁橋梁の渦励振特性に及ぼす断面形状の影響

徳島大学 工学部

正員 宇都宮英彦

徳島大学 工学部

正員 ○長尾 文明

オリエンタルコンサルタント

重松 伸也

1. まえがき

我国において、支間長が200m以下の道路橋に対する耐風設計は道路橋示方書¹⁾に従い、200m以上の支間長を有する橋梁並びに風による振動が問題となりそうな可撓性に富む橋梁に対しては、本州四国連絡橋耐風設計規準²⁾に準じた風洞実験により、その空力安定性が照査されている。そして、各種研究機関において得られた柔構造の橋梁の風洞実験データも多数蓄積されてきており、これらをデータベース化し、橋梁の設計段階から、耐風性に優れた断面形状が選定できるための解析的な研究も行なわれている。³⁾しかし、風による橋梁の振動現象は、橋梁の断面形状、特に、上流側端部構造（高欄、地覆等）のわずかな違いが、応答特性を大幅に変化させることが知られており、依然、各橋梁断面個々に動的耐風性の検討が余儀なくされているといっても過言ではなく、橋梁基本断面について、断面形状をパラメトリックに変化させて、その動的耐風性を検討した研究例も報告されている。^{4), 5)}

本研究では、長径間橋梁及び中小橋梁にも構造、美観、或は、経済性に優れる1 Boxの箱桁断面を対象として、その断面形状と動的耐風性、ここでは、橋梁を直接破壊には導かないものの、部材の疲労、或は、使用性において問題となる渦励振振動との対応関係について調査した結果を簡単に報告するものである。

2. 風洞実験概要

風洞内にコイルバネを用いて、たわみとねじれの2自由度系に橋梁断面模型を鉛直に支持し、気流の二次元性を確保するために模型上下に端版、及び隔壁を設置し、一様流中において応答実験を行った。

模型の形状は、図1に示す桁高比 B/D ($B/D=4, 8, 12$)、張出し比 B/B_U ($B/B_U=1, 1.2, 1.5, 2.0$)、ウェブ傾斜角 θ ($\theta=90^\circ, 75^\circ, 60^\circ, 40^\circ$)を、パラメトリックに選定した。表1に、各模型の断面形状及び振動諸元を示す。ここに、 δ 、 S_{c-d} は、それぞれ、対数減衰率と質量減衰パラメータであり、添字 d 、 t は、たわみ、ねじれの各モードを意味している。

なお、本研究では、応答特性に大きく影響する迎角は 0° に固定し、高欄、地覆、中央分離帯等の付帯物は設置していない。

3. 風洞実験結果及び考察

図2は、張出しのない矩形断面 ($B/D=4, 8, 12$) のねじれ渦励振応答を示したものであり、 $B/D=4$ の矩形断面は換算風速 $V_{r-t}=V/f_t D=2$ 付近と $V_{r-t}=8 \sim 9$ の二つの渦励振応答が存在している。 $B/D=12$ の扁平な矩形断面では、 $B/D=8$ の矩形断面における高風速側の渦励振応答領域付近のみに比較的振幅の小さい渦励振が発生している。ここに示した渦励振応答図より明らかなように、渦励振応答特性を議論する場合、最大応答振幅及びその発生風速、更に、渦励振発生領域（開始風速と終止風速）等が問題となるが、本研究では、最も重要と考えられる最大応答振幅に着目して考察を加えることとする。

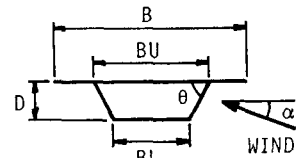


図1 模型断面形状

表1 模型断面形状と振動諸元

断面	B/D	B/B _U	θ	δ_d	δ_t	S_{c-d}	S_{c-t}	f_t/f_d
	12	1.0	90	0.012	0.007	2.7	7.7	1.62
	12	1.2	90	0.012	0.007	2.7	8.2	1.58
	12	1.5	90	0.012	0.010	2.7	8.0	1.58
	12	2.0	90	0.012	0.007	2.7	8.6	1.52
	12	1.0	75	0.010	0.007	2.5	9.0	1.57
	12	1.0	60	0.011	0.008	2.6	8.9	1.62
	12	1.0	45	0.011	0.008	2.6	9.1	1.61
	8	1.0	90	0.008	0.006	1.7	9.4	2.02
	8	1.2	90	0.010	0.006	2.4	9.5	1.98
	8	1.5	90	0.011	0.006	2.4	8.5	2.05
	8	2.0	90	0.011	0.007	2.8	11.7	2.03
	8	1.0	75	0.008	0.006	2.1	10.9	1.97
	8	1.0	60	0.008	0.006	2.0	10.1	2.02
	8	1.0	45	0.008	0.006	1.8	10.2	2.02
	4	1.0	90	0.009	0.006	3.1	39.8	1.78
	4	1.2	90	0.005	0.007	1.7	42.1	1.80
	4	1.5	90	0.005	0.006	1.7	37.8	1.81
	4	2.0	90	0.005	0.006	1.7	38.4	1.82
	4	1.0	75	0.005	0.005	1.7	30.4	1.80
	4	1.0	60	0.005	0.005	1.5	35.3	1.79
	4	1.0	45	0.005	0.005	1.7	30.9	1.77
	4	1.2	75	0.005	0.008	1.9	54.3	1.79
	4	1.2	60	0.005	0.008	1.8	54.4	1.81
	4	1.2	45	0.005	0.007	1.9	34.4	1.89
	4	1.5	75	0.005	0.008	1.7	36.4	1.78
	4	1.5	60	0.007	0.006	2.8	43.5	1.82
	4	1.5	45	0.007	0.006	2.4	43.4	1.83

図3、4は、 B/D とたわみ、ねじれの渦励振最大応答の

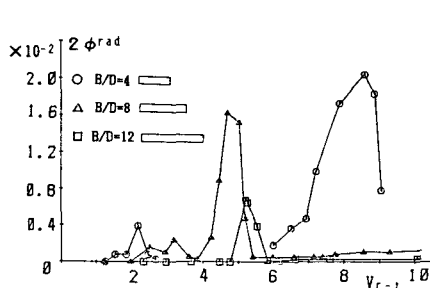


図2 ねじれ渦励振応答図

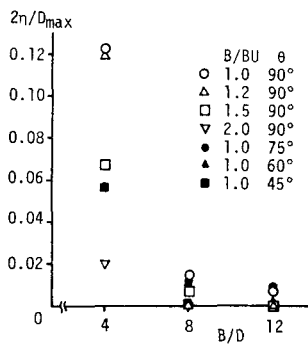


図3 B/Dとたわみ渦励振応答

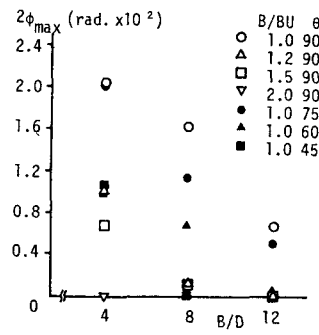


図4 B/Dとねじれ渦励振応答

関係を示したものである。たわみ、ねじれ共に、 B/D の増加に伴って応答振幅が減少し、特に、たわみにおいて扁平な断面の安定化が顕著である。従来より指摘されているように、扁平な断面が渦励振に対して有利な断面であることが明らかであり、以下には、比較的応答振幅の大きい $B/D=4$ の実験結果についてのみ報告する。

図5、6は、たわみ最大応答振幅と張出し比 B/BU 、ウェブ傾斜角 θ の関係を示したものであり、張出し比が大きくなる程、又は、ウェブ傾斜角 θ が小さくなるほど、応答振幅は小さくなっているようにも見えるが、張出し比とウェブ傾斜角 θ が応答値に複雑に関与しており、両者の組み合わせによっては、前述の結果と相反する場合も存在している。そこで、張出し比として、下面と上面の幅の比(BL/B)を用いて整理した結果を図7に示す。 $BL/B=0.5$ までは、張出しの増加によって応答振幅が減少するが、それ以上張出しを大きくしても、応答振幅は減少せず、一定値或は逆に増加する傾向が認められる。この現象は、渦励振の発生機構とも密接な関係があると考えられ今後更に詳細に検討する必要がある。

図8は、ねじれ渦励振と断面形状の対応を示したものであり、張出し長の増加に伴う応答振幅の減少がたわみ応答と比較すると、より明らかであるが、たわみ渦励振と同様に、ウェブ傾斜角 θ の影響も無視できず、より詳細な検討が必要である。

4. あとがき

合理的な耐風設計を風洞実験を用いなくても行えるための基礎データの蓄積を目的として、渦励振応答特性に及ぼす断面形状の影響を調査した結果、従来より指摘されているように、桁高比 B/D の増加は、渦励振特性に良好な影響を与えることが確認できたが、迎角 0° しかも高欄、地覆を設置していない同一桁高比 B/D の断面においても、張出し比、ウェブ傾斜角 θ 等に、渦励振特性は大きく依存することが明らかとなり、この点について更に系統的なデータの集積が望まれる。

参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会、道路橋示方書、1980。
- 2) 本州四国連絡橋公団、本州四国連絡橋耐風設計規準・同解説、1976。
- 3) 宮田他、科学研究費研究成果報告書、1987。
- 4) 宮崎他、第8回風工学シンポジウム論文集、1984。
- 5) 藤沢他、第8回風工学シンポジウム論文集、1984。

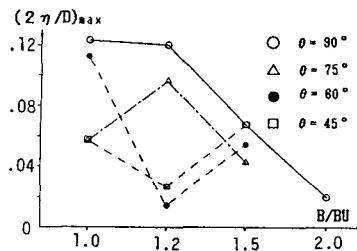


図5 B/BUとたわみ渦励振応答

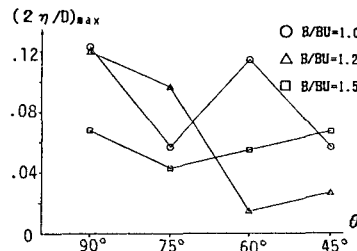


図6 θとたわみ渦励振応答

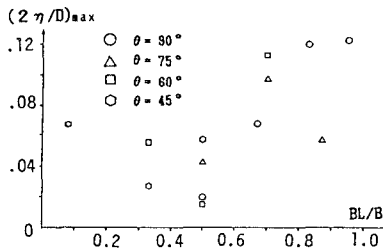


図7 BL/Bとたわみ渦励振応答

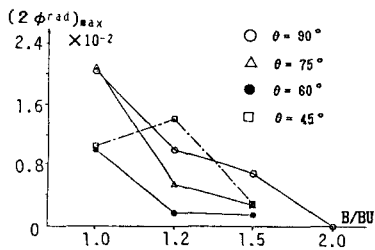


図8 B/BUとねじれ渦励振応答