

橋梁の耐風性における乱れの影響について

徳島大学工学部 正員 宇都宮英彦
日 建 設 計 石 井 恒 至
建 設 省 清 水 正 二

1. まえがき

近年、交通量の増加による道路網の整備に伴って、既設の橋梁に平行して、新しい橋が建設されるという事例が生じるようになった。この場合、比較的大スパンの、フレキシブルな橋梁であると、通常の風による空力不安定振動や、風の乱れによる不規則振動の他に、上流側橋梁によって生じた後流の作用により、下流側橋梁が振動するという、いわゆる後流バフェーティングが生じる可能性がある。この種の振動が単独橋の場合の本来の不規則振動などのように関わっているかを検討することは、橋の安全性、機能性を保証するためにも重要であると考えられる。本研究では、小径間トラス補剛吊橋と箱桁橋とが並列して架設された場合の、吊橋の後流バフェーティングを単純化した断面の模型によって実験的に検討し、耐風性に関する基礎的なデータを得た。

2. 橋梁模型

実験に使用した模型は図-1に示す通りである。縮尺は $1/121$ とし、基本的な断面諸元(橋長、幅員、桁高)の他は相似条件を満たしていない。上流側箱桁は剛模型とし、下流側吊橋に対する乱流発生源としての意味を持つのみである。下流側吊橋模型はダウトストリップ模型と呼ばれる弾性模型であって、全体を16個のブロックに分割し、夫々を緊張したワイヤーに固定したものである。ワイヤー張力の調整によって、所要の動特性を得ることができる。この種の模型によって、乱れの3次元的な拡がりの影響を考察することができる。

なおデータはすべて、無次元風速(U/Bf ; B は幅員、 f は固有振動数)、無次元振幅(応答振幅/幅員)によって整理されている。吊橋はたわみ振動数 $f_y = 15 \text{ Hz}$ 、ねじり振動数 $f_z = 21 \text{ Hz}$ であり、減衰率はたわみ、ねじりモードに対し夫々0.3%および1.74%である。

3. 乱流場

本実験では、自然風との相似は考慮せず、標準的な乱流として格子乱流を用いた。格子はBar SizeとMesh Sizeの比を1:5とし、Bar Size(b)は、2.5 cm, 5 cm, 8 cmの3種を製作した。格子から測点までの距離 x/b を変えることで乱れの強さや乱れのスケールを変化させることができる。本実験では、乱れの強さを現地の自然風の観測値⁽¹⁾に近い10~20%程度とし、乱れのスケールは、模型の幅員を基準として、その前後の大きさとした。(表-1) 得られた乱流は、Vickery⁽²⁾等の研究結果とよく一致しており、また周波数特性も、Kármánによって定められた一様乱流のパワースペクトルに良く一致している(図-2(a))。

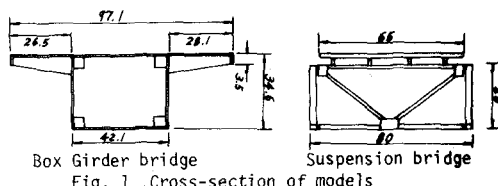


Fig. 1 Cross-section of models

表-1: 乱流場の諸特性

Grid	格子乱流場		箱桁橋の後流乱流場		
	乱れの強さ	乱れのスケール	乱れの強さ	乱れのスケール	
G I-40	u	11.4	0.65	22.4	1.34
	v	10.3	0.42	20.3	0.95
G II-20	u	21.4	0.84	31.4	2.91
	v	18.2	0.52	27.2	1.32
G II-40	u	10.7	1.10	21.1	1.21
	v	9.8	0.65	24.3	0.97
G II-70	u	7.3	1.59	22.5	1.21
	v	6.5	0.88	28.6	1.57
G III-40	u	9.5	1.85	22.3	1.69
	v	8.5	0.95	26.5	1.33
no grid	—	—	27.0	2.53	—
	—	—	38.7	3.17	—

L: 乱流のスケール B: 床版幅

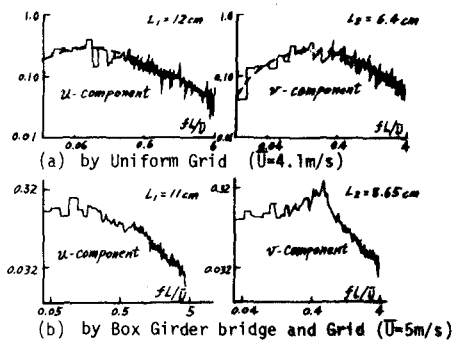


Fig. 2 Power spectra of turbulence

箱桁橋は下流側の吊橋に対し、乱流発生源となるものである。下流側吊橋位置で、熱線流速計によって計測した結果によれば、一様流中(乱れのない状態)で箱桁から生じた後流による乱れが最も大であり、格子乱流場内では、後流の乱れはやや抑制されていることが認められた。いずれにせよ、箱桁によって、本来の乱れとは大きく異なる乱れが生じていることがわかる(表-1および図-2(b))。

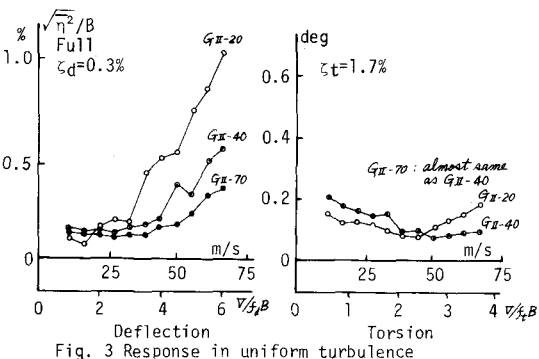


Fig. 3 Response in uniform turbulence

4. 一様乱流中での吊橋の応答

図-3に、自乗平均応答と風速の関係を示している。たわみ振動は乱れの強さの増加に伴って大きくなり、乱れのスケールにも若干影響されているようである。ねじり振動は、構造減衰が大きかったために、応答量が小さく、有意な情報は得られなかった。また、実験の範囲内では2つのモードの連成は認められなかった。乱れのスケールが大である流れの中での応答は、応答のパワースペクトルを見ると、低周波数成分の応答の増加が顕著であり、自乗平均応答は増加しても最大応答値はあまり変化せず、従って、ピークファクターは、乱れのスケールと負の相関を持っているようである。ピークファクターは3~4であり、応答振幅はほぼレーリー分布に合う狭帯域の応答であった。

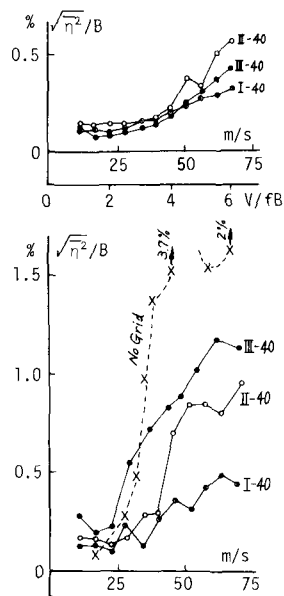


Fig. 4 Response in wake of box girder bridge

5. 吊橋の後流バフェッティング応答

箱桁後流内での吊橋の自乗平均応答の一例を、乱れの強さ10%程度の3つのケースについて示している(図-4)。図-4(b)にはまた、一様流中での後流バフェッティングについても破線表示している。(a)の一様乱流場での結果と比較すると、自乗平均応答は2倍程度に増大し、特に一様流中では、箱桁の後流渦放出による周期的な力が作用するため、一種の共振状態が出現して、極めて大きな振動が生じていることがわかる。この渦は、格子乱流場では、不規則性が強められるために、応答も抑制されていることが認められる。この場合、主流方向(U)の乱流特性よりも、主流直交方向(V)の乱流特性の変化が、応答により顕著に反映していることが判る(表-1)。表中のV成分の乱れの強さ、乱れのスケール共に、GI→GIIIのように増加しており、特に乱れのスケール効果が大きいことが注目される。

6. おわりに

本研究は、この種の問題の検討の必要性を指摘しう程度のものであり、実験も十分に吟味された実験計画によるものではない。このために、得られたデータは、不完全ではあるが、箱桁橋のように流れに対して抵抗の大である断面の構造物を建設する場合に、周辺構造物への影響と事前に検証する必要があることを示しているものと考えらる。

参考文献：(1) 小西, 白石, 宇都宮; 小鳴門橋の耐風性に関する調査研究報告書。I~V, 昭和48年~昭和52年。(2) B.J. Vickery; On the flow behind a coarse grid and its use as a model of atmospheric turbulence in studies related to wind loads on buildings. NPL-Report No. 1143.