

東日本旅客鉄道(株) 正 員 鈴木 修
大阪大学大学院 学生員 戸田伸親

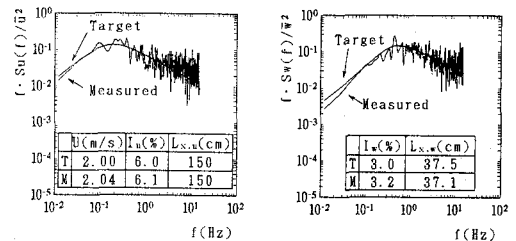
大阪大学工学部 正 員 川谷充郎
立命館大学理工学部 正 員 小林紘士

1. まえがき 橋梁の耐風安定性照査として、風洞実験は精度の高い方法である。しかし、風洞実験には費用と時間がかかるため、ある限られた種類の橋梁については風洞実験を行わずに耐風設計をすべきであると考えられるようになった。その考えによるものが道路橋耐風設計便覧である。この便覧に示されている自然風乱流中の渦励振の推定式による方法は動的安定性の照査に極めて有効であるが、さらに照査の精度を上げるべきであると思われる。これまでに各研究機関において、乱流中の橋桁基本断面の渦励振応答実験が数多く行われている。また、橋桁基本断面および実橋桁断面の渦励振に対して乱れスケールはほとんど影響を及ぼさないことが示されている^{1)・2)}。そこで本研究では、乱れ強度に着目し、実橋桁断面の渦励振応答特性を橋桁基本断面のそれと比較することにより推定する。

2. 実験概要 **2.1 乱流発生** 著者らは自然風に相似な乱流を発生させるために、アクティブ乱流発生装置を開発してきた³⁾。Fig.1に乱流発生装置を用いて発生させた気流のパワースペクトルの一例を示す。乱流のパワースペクトルは、目標としたカルマンの提案式と一致していることが分かる。Table 1に乱れ強度のみ変化した気流の乱流特性値を示す。なお、表に示す準一様流とは、平板列および翼列を水平に設定した状態で得られる気流である。

2.2 実験概要 応答実験に用いる実橋桁断面は、1-box桁、2-box桁および2主桁である。模型のパラメータは、本州四国連絡橋風洞試験要領に基づいて実橋のパラメータ⁴⁾と合わせ、対数減衰率は0.02とする。橋桁基本断面は、実橋桁断面と類似な箱桁断面の床版端部の形状を変化させた辺長比と張り出し比が小さな断面で、床版厚が6mmの断面 (Model C1-6)、2mmの断面 (Model C1-2) およびModel C1-2に高さ5mmの地覆を付けた断面 (Model CW1) である。その断面を鉛直1自由度系にばね支持し渦励振応答実験を行った。各模型の断面形状および構造諸元をそれぞれ Table 2 (a), (b) に示す。

3. 実橋桁断面の渦励振応答特性 Fig.2に準一様流中の各種実橋桁断面の渦励振応答図を、Fig.3に乱れ強度と渦励振最大振幅の関係を示す。Fig.3より、どの断面も乱れ強度が増すにつれて渦励振最大振幅が低減している。2主桁断面は他の断面に比べ乱れ強度の増加による振幅の低減が小さかった。1-box桁断面や2主桁断面は準一様流中と乱流中 ($I_u=4\%$) の最大振幅があまり変わらないが、2-box桁断面は乱れの存在による振幅の低減が大きくなっている。



(1) Horizontal component

(2) Vertical component

Fig.1 Power spectra of turbulent flow

Table 1 Turbulence characteristics

Turbulence No	Change of	Target				Measured			
		Iu (%)	Iw (%)	Lxu (cm)	Lxw (cm)	Iu (%)	Iw (%)	Lxu (cm)	Lxw (cm)
Semi-smooth flow									
TL-04	Iu	4	2	150	37.5	<1.5	<1.5	3	2
TL-06	Iu	6	3			4.5	2.2	148	39.0
TL-06	Iw	10	5			6.4	3.1	152	39.6
TL-10	Iw	10	5			9.6	5.0	145	45.9

The mean velocity is 2m/s

Table 2 Sectional shape and dynamic characteristics of models

(a) Actual bridge girder

Model No.	Cross-sectional shape Unit:mm	Weight (kg-f)	Frequency (Hz)	Logarithmic decrement	Scutun number
1-box girder		4.983	3.574	0.020	1.091
2-box girder		4.955	3.574	0.020	1.078
2-plate girder		4.832	3.625	0.020	1.051
Handrail					

The length of model is 857mm.

(b) Bridge girders with basic sections

Model No.	Cross-sectional shape Unit:mm	Weight (kg-f)	Frequency (Hz)	Logarithmic decrement	Scutun number
C1-6		1.65	5.50	0.005	0.309
C1-2		1.65	5.50	0.005	0.309
CW1		1.65	5.50	0.005	0.309

The length of model is 660mm.

4. 橋桁基本断面の渦励振応答 Fig. 4 に準一様流中の橋桁基本断面の渦励振応答図を示す。図より、3種類の断面の渦励振発生風速はほぼ同じであったが、渦励振最大振幅の大きさは断面によって異なった。このことより、既往の研究⁵⁾と同様に渦励振最大振幅は床版端部の形状が大きく影響していることが分かる。Fig. 5 に乱れ強度を変化させた場合の渦励振最大振幅図を示す。図より、3種類の断面とも乱れ強度が増加するにつれ渦励振最大振幅が低減しており、振幅の低減の度合はどの断面も同程度であった。このことより、床版端部に地覆が付いても渦励振発生風速と渦励振応答の低減に及ぼす乱れの影響は変わらないことが分かる。

5. 実橋桁断面の渦励振応答特性の推定 **5.1 渦励振応答の推定** Figs. 2, 4 の準一様流中の渦励振応答図より、実橋桁断面の渦励振の発生風速は橋桁基本断面のものより高風速側になることが分かる。Fig. 6 に準一様流中の各種断面の渦励振最大振幅図を示す。実橋桁断面の渦励振最大振幅は地覆を付けた橋桁基本断面よりかなり大きくなったが、このことは、実橋桁断面には高欄も付けられていて、床版上面の剥離渦が大きくなるためと考えられる。渦励振最大振幅の推定には極めて照査断面に近い実橋桁断面の渦励振応答結果を用い、かつこのような断面の渦励振は床版端部の形状に極めて敏感であることを考慮に入れる必要がある。

5.2 乱流特性値の影響の推定 Fig. 7 に辺長比3程度で張り出し比が小さい橋桁基本断面および実橋桁断面の渦励振最大振幅の乱れ強度による低減係数を示した。低減係数は準一様流中と乱流中の応答振幅の比である。図中のModel CW2 は参考文献6)から引用したものである。耐風設計便覧の気流の乱れを考慮した渦励振振幅の低減の推定値を図中に併記した。図より、どの断面も乱れ強度の増加に従い、渦励振最大振幅は低減する。渦励振最大振幅の低減の度合いは箱桁基本断面と実橋桁断面とはほぼ同じであった。また、耐風設計便覧による低減の推定値よりおおむね安全側になった。さらに、箱桁断面の場合は、辺長比が同じでも張り出し比が異なると⁷⁾、あるいは張り出し比と共に辺長比も異なると¹⁾、渦励振に及ぼす乱れ強度の影響が異なることもあるので注意が必要である。

参考文献

- 1) 小林敏士・川谷充郎・金 照恵・上島秀作, 構造工学論文集, Vol. 38A, pp. 889-898, 1992. 3.
- 2) 小林敏士・川谷充郎・鈴木 修・戸田伸親・井上克彦, 平成6年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要, I-95, 1994. 5.
- 3) 小林敏士・川谷充郎・金 照恵・太田 圭・上島秀作, 第11回風工学シンポジウム論文集, pp. 167-172, 1990. 12.
- 4) 小松定夫: 4 径間連続鋼桁橋(木津川新橋アプローチ部)の耐風安定性に関する実験的研究, 昭和57年度災害科学研究所委託研究成果報告書, 大阪市土木局委託, 大阪大学工学部土木工学科, 1983. 3
- 5) 藤澤伸光・園部好洋, 第8回風工学シンポジウム論文集, pp. 313-318, 1984. 12.
- 6) 武田勝昭, 日本風工学会誌, 第39号, pp. 19-26, 1989. 4.
- 7) 武田勝昭・園部好洋, 土木学会第39回年次学術講演会講演概要集, I-278, 1984. 10.

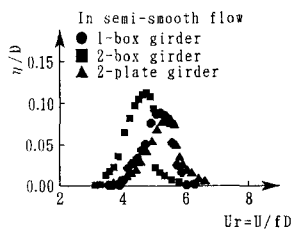


Fig. 2 Response amplitude (in semi-smooth flow)

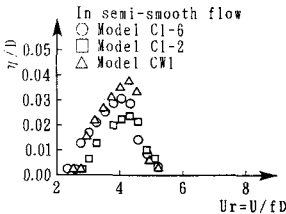


Fig. 4 Response amplitude (in semi-smooth flow)

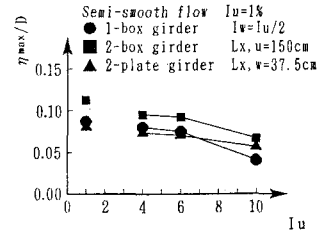


Fig. 3 Turbulence intensity vs. Maximum amplitude

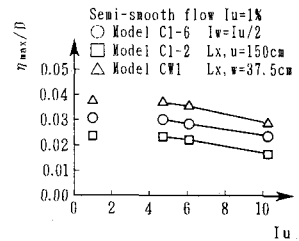


Fig. 5 Turbulence intensity vs. Maximum amplitude

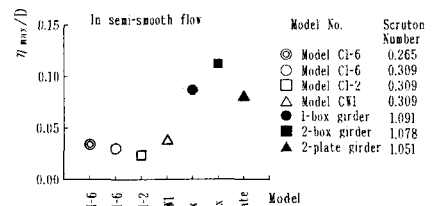


Fig. 6 Maximum amplitude of various models

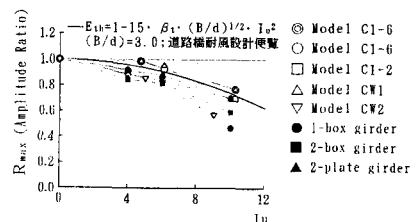


Fig. 7 Decrease ratio of maximum amplitude