

1. 緒言

吊橋および斜張橋の設計には、多くの技術が必要であるが、とりわけ耐風工学が最も重要な分野である。しかしながら、我が国において大学等でまとまった講義が提供される機会が少なく、就職してから、経験的に学ぶことが大部分である。耐風工学の講座を持つ大学はあるのだが、耐風工学と名付けた講義はあまり行われていない。

その理由は、耐風工学の内容が多岐にわたり、教科書も少なく教えづらいことも原因のようである。筆者は、日立造船㈱に入社し、長大橋の耐風設計に風洞装置を利用して行なった経験があるので、実務者の立場から必要と思われる項目を取り上げたい。耐風工学になじみの少ない技術者が、長大橋などの設計を行なう際、難解と言われる耐風工学を少しでも多く理解して業務に携われたらと願い筆を執った次第である。

2. 耐風工学とは何か？

橋梁の設計において、耐風工学とは強風が橋梁に作用した時、橋梁が健全な強度を保持し、危険な振動現象を生じないように橋梁を設計することである。勿論、架設中も不安定な状態を生じてはいけない。耐風工学は、振動解析、不規則振動論、流体力学、空力弾性学、気象学、信頼性理論など多岐にわたる学問体系から成り立っており、難解ではあるが魅力ある学問である。

紙面の制約もあり、学問の全容をご紹介するのは難しい。そこで、吊橋や斜張橋の設計時に利用されている道路橋耐風設計便覧(平成19年改訂版)¹⁾以下、耐風便覧と呼んで引用し、解説する。

3. 耐風便覧について¹⁾

耐風便覧の最大の特徴は、出来るだけ風洞試験を行わず簡単な計算で、フラッター風速や渦励振風速およびその振幅を得られるようにしている。支間長が200m以下の道路橋を対象としている（200m以上は本州四国連絡橋耐風設計基準（2001）・同解説を参照する）。しかし、200mをこえる道路橋に対しても、耐風便覧の考え方などと共通する点が多く、適用条件を検討した上で参考にすることができる。風洞試験を行う前に、机上の計算で定量的な計算ができるように表現した耐風便覧は、我が国の耐風便覧以外には見当たらない。吊橋や斜張橋以外の桁橋など基本設計段階において、各種の基本案を検討する際、耐風性能を判断するハンドブックとして利用すれば設計のコストダウンにつながると信じる。

4. 耐風工学の基礎知識^{1), 2)}

4.1 風の特性

風は空気の流れであり、その流れは概ね水平と考えてよい。しかし、起伏のある地形では傾斜角がつくので注意が必要（普通±3度以下）。地表付近では、地形、植物、構造物の影響を受け、時間的・空間的に変動している。

4.2 風が構造物に生じさせる現象

風が構造物に及ぼす作用は、時間的に一定と見なせる静的作用と、風が不規則に変動し、振動現象として現れる動的作用に区分される。これらは、図-1のように分類される。

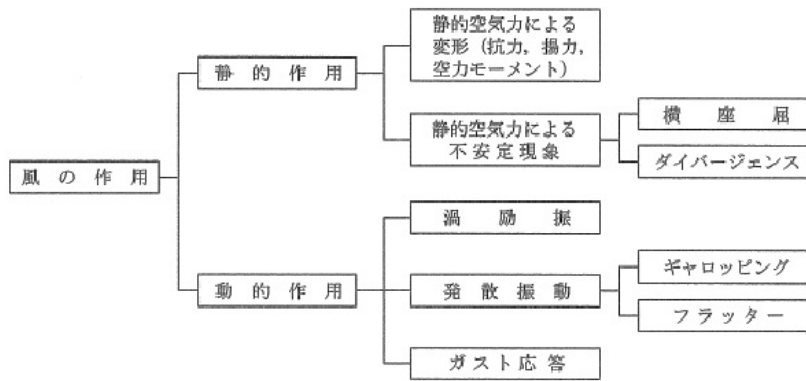


図-1 風の作用と構造物に発生する現象

4.3 動的作用による生じる現象

紙面の制約より、本稿においては、耐風設計の上で重要な動的作用について言及し、静的作用は割愛する。

(1) **渦励振**：渦励振は、従来より振動物体後流に生じるカルマン渦により励起される強制振動とみなされていた。しかし、扁平な断面形状の桁は、その発生機構では説明できない部分がある。そこで、桁の上下面上、あるいは桁後縁付近で剥離した流れが、桁の振動と同期して振動することにより発生するとした自励振動の一種とした振動と考えるのが一般的となってきた。なお、発生機構は断面形状に依って様々なケースがある。

(2) **発散振動**：ギャロッピング、ねじれフラッター、曲げねじれフラッター

これらは、一度発生すると風速の僅かな増加により急激に振動応答が大きくなる現象である。

(3) **ガスト応答**：

風の乱れ、あるいは、風上の物体による気流の乱れにより生じる空気力の変動により強制的に誘起される不規則な振動を云う。振動の大きさは、ほぼ風速の2乗に比例して発達し、水平たわみ、鉛直たわみおよびねじれの振動応答が現れる。

以上の現象を図示すれば、**図-2**となる。

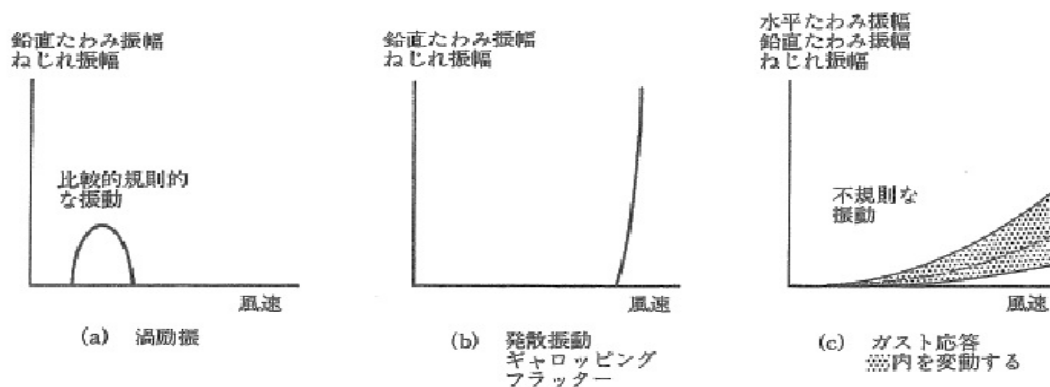


図-2 動的作用により生じる現象

4.4 各種現象の影響因子

風的作用により各種現象に影響を与える因子としては、架橋地点の風の特長、構造物の空気力学特性、構造物の構造特性が挙げられ、これがある条件を満たすと橋に有害な変形あるいは振動が発生する。これらの影響因子ごとの風による振動を図示すると**図-3**となる。

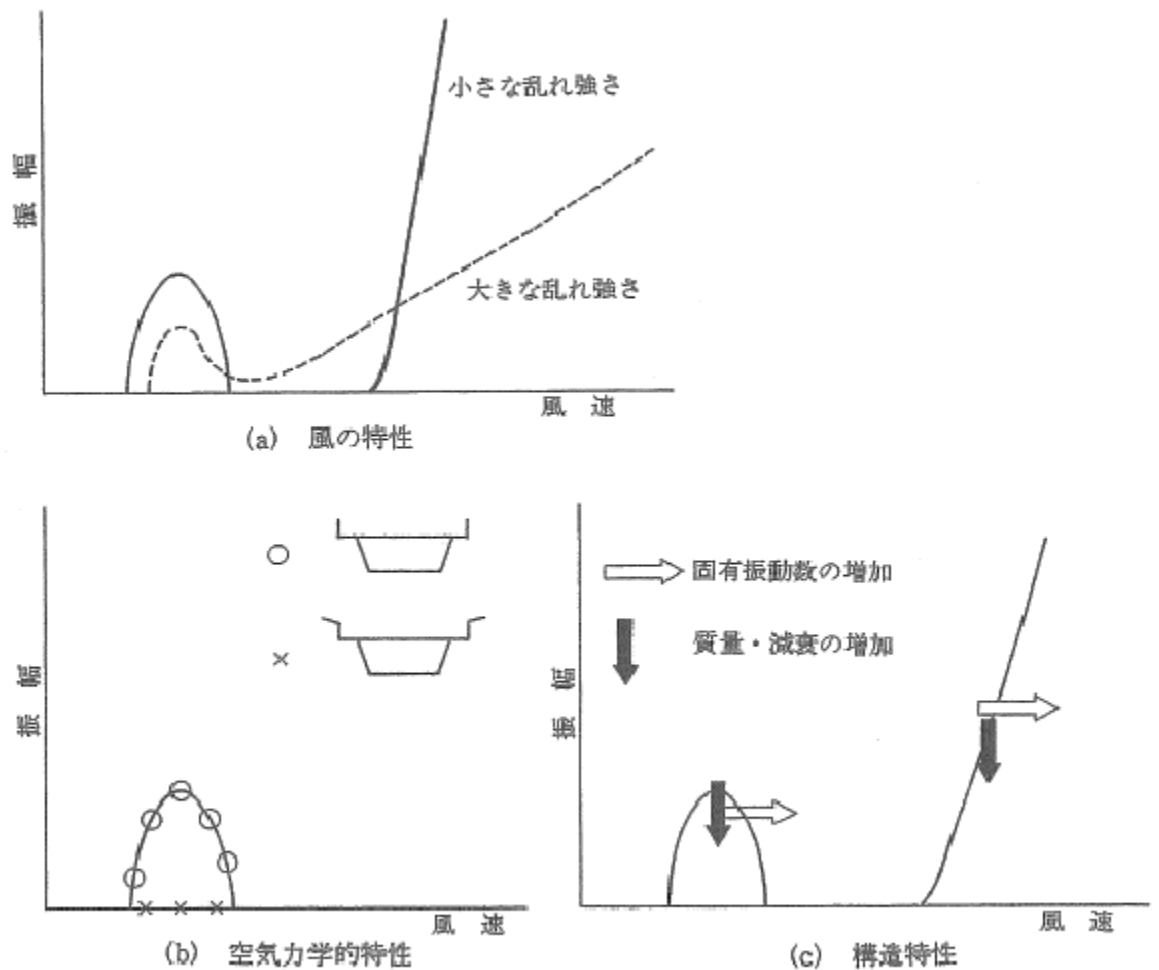


図-3 影響因子毎の対風応答の概念図

5. 耐風性の照査¹⁾

5.1 照査方法

耐風性の照査とは、不都合な振動の生じる発現風速とその振動の振幅を精度よく推定することである。風による振動現象に応じて橋を構成する部材・構造の限界となる状態を適切に設定する必要がある。

- 1) 発散振動（フラッター・ギャロッピングなど）……特定の風速を越えると振幅が急激に発達し、橋の落橋や重大な損傷をあたえる可能性があるため、発散振動の発現振動が橋の設計供用期間中に想定される風速に比べて十分上回っていることを確認しておかなければならない。
- 2) 渦励振……比較的低風速で発生する渦励振は、供用期間中に生じさせないように設計するのが基本である。しかし、架橋地点の風の特長や橋の規模、構造特性によっては振動を生じさせないのは困難な場合もある。このような場合は、渦励振の発現風速が照査風速に比べて十分高いことを確認するか、あるいは振動の発現振幅が、橋の安全性、使用性の面から小さい振幅であることを確認しなければならない。

以上より、振動現象を橋の橋種・構造形式ごとに振動の発現風速を考慮して表-1が作成されている。この表は、中小規模の一般的な構造形式の橋を対象としたものである。なお、特殊な形式の橋については、別途耐風性の検討を要する。

表-1 動的耐風設計の対象となる可能性のある橋種（けた）と振動現象

橋種		現象	発散振動		渦励振	
			たわみ	ねじれ	たわみ	ねじれ
吊橋 ・ 斜張橋	トラス		×	○	×	×
	箱げた	鋼製	○	○	○	○
		コンクリート製	×	○	○	○
鋼けた橋	箱げた		○	×	○	×
	Iけた		○	○	○	○

○：耐風性の検討が必要と考えられる。
 ×：耐風性の検討は不要と考えられる。

5.2 振動性状の推定式を用いた照査

耐風便覧では、耐風設計を効率的に行なうために、既往の風洞試験を基に、標準的な構造形式の吊橋、斜張橋および鋼けた橋の桁、ならびに鋼製の塔（本稿では割愛）を対象として振動性状（発現風速、発現振幅）推定式を用いた方法を示している。これらは、耐風工学の初心者でも使えるので以下に紹介する。ただし、絶対的な評価ではなく目安であることを心得て照査しなければならない。

5.2.1 設計基準風速 U_d の設定

わが国では、橋の耐用年数 50 年、再現期間は 100 年としている。

さて、設計基準風速 U_d は、地表粗度区分と橋梁高さによる E_1 で補正する。 U_d は次式となる。

$$U_d = U_{10} \times E_1 \quad \dots\dots\dots (5.1)$$

ここに、 U_d ：設計基準風速（m/s）、 U_{10} ：基本風速（m/s）、 E_1 ：補正係数
 なお、基本風速は、日本地図で地域により決定されている（図-4.1：次頁）。

また、 E_1 で補正值は、以下に示す（表-4.3）で与えられている。

表-4.3 補正係数 E_1

地表粗度区分 高度 (m)	0	I	II	III	IV
0 < z ≤ 5	1.24	1.11	1.00	0.83	0.77
5 < z ≤ 10	1.29	1.16	1.05	0.83	0.77
10 < z ≤ 15	1.36	1.24	1.04	0.83	0.77
15 < z ≤ 20	1.41	1.29	1.09	0.85	0.77
20 < z ≤ 25	1.46	1.33	1.14	0.90	0.77
25 < z ≤ 30	1.49	1.36	1.18	0.94	0.77
30 < z ≤ 35	1.51	1.39	1.21	0.96	0.79
35 < z ≤ 40	1.53	1.41	1.24	1.01	0.82
40 < z ≤ 45	1.55	1.43	1.26	1.04	0.85
45 < z ≤ 50	1.56	1.45	1.28	1.07	0.88
50 < z ≤ 60	1.59	1.47	1.31	1.11	0.92
60 < z ≤ 70	1.62	1.50	1.35	1.15	0.96
70 < z ≤ 80	1.64	1.53	1.38	1.18	1.00
80 < z ≤ 90	1.66	1.55	1.41	1.22	1.04
90 < z ≤ 100	1.68	1.57	1.43	1.25	1.08
100 < z ≤ 110	1.69	1.59	1.46	1.27	1.11
110 < z ≤ 120	1.71	1.61	1.48	1.30	1.14
120 < z ≤ 130	1.72	1.62	1.50	1.32	1.16
130 < z ≤ 140	1.73	1.64	1.52	1.35	1.19
140 < z ≤ 150	1.75	1.66	1.53	1.37	1.22
150 < z ≤ 160	1.76	1.67	1.55	1.39	1.24
160 < z ≤ 170	1.77	1.68	1.57	1.41	1.26
170 < z ≤ 180	1.78	1.69	1.58	1.43	1.28
180 < z ≤ 190	1.79	1.70	1.60	1.44	1.31
190 < z ≤ 200	1.80	1.71	1.61	1.46	1.33

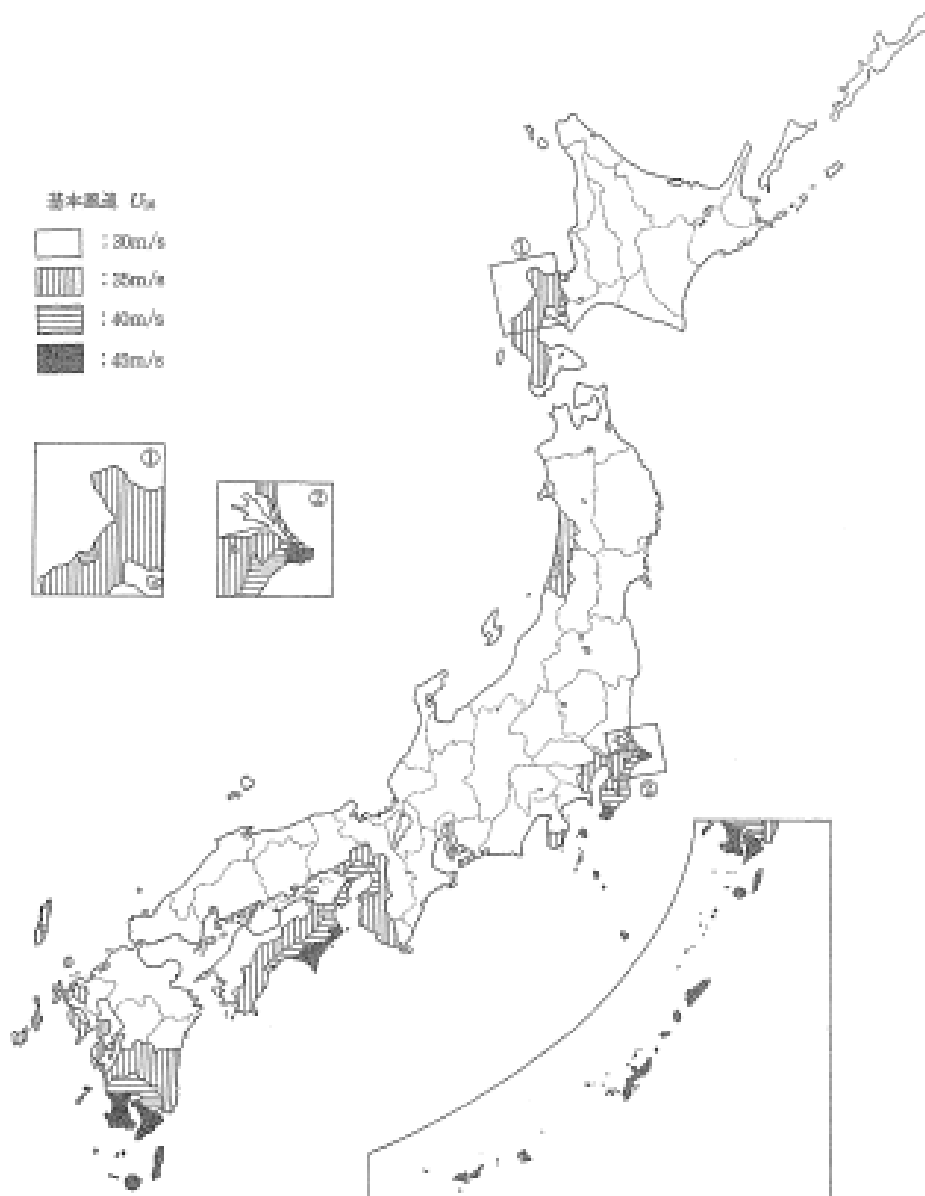


図-4.1 基本風速 U_b

5.2.2 照査風速 U_{rf} の設定

フラッターの照査風速 U_{rf} (m/s) は、設計基準風速 U_d に対して、自然風の変動に基づく補正 E_{r1} (表-2)、および発散振動であることを考慮した補正 (1.2 とする) を行なうことにより次式となる。

$$U_{rf} = 1.2 E_{r1} \times U_d \quad \dots\dots\dots (5.2)$$

表-2 自然風の変動に基づく補正値 E_{r1}

地表粗度区分	0	I	II	III	IV
E_{r1}	1.10	1.10	1.15	1.20	1.25

風洞試験を一様流で行う場合は、式 (5.2) に従うが、架橋地点の風の乱れを反映した風洞試験を行う場合、フラッターの照査風速 U_{rf} (m/s) は、次式を適用する。

$$U_{rf} = 1.2 \times U_d \quad \dots\dots\dots (5.3)$$

5.2.3 桁の風による振動照査

1) 固有振動数の計算

動的な振動の照査をする場合固有振動数が必要になる。固有値振動数をコンピュータで求めている場合は、その値を使用する。ない場合は、厳密に計算するのに時間を要するので、下記の簡易式で計算する。

- 鉛直たわみ 1 次固有振動数 f_h の推定式：

$$f_h = 100 / L \quad (L : \text{支間長(m)}) \dots\dots\dots (5.4)$$

- ねじれ 1 次固有振動数 f_θ の推定式：

$$f_\theta = \begin{cases} 2 f_h & (\text{トラス桁、開 (open) 断面箱桁の場合}) \\ 3 f_h & (\text{閉 (close) 断面箱桁の場合}) \\ 1.1 f_h & (\text{鋼 I 形桁橋}) \end{cases}$$

2) フラッター発現風速 U_{cf} の推定式に基づく照査

フラッター発現風速 U_{cf} は、式 (5.5) ~ (5.8) により概略推定できる。

- i) 吊橋・斜張橋 (箱形断面の桁、トラス桁)

$$U_{cf} = 2.5 f_\theta \cdot B \quad \dots\dots\dots (5.5)$$

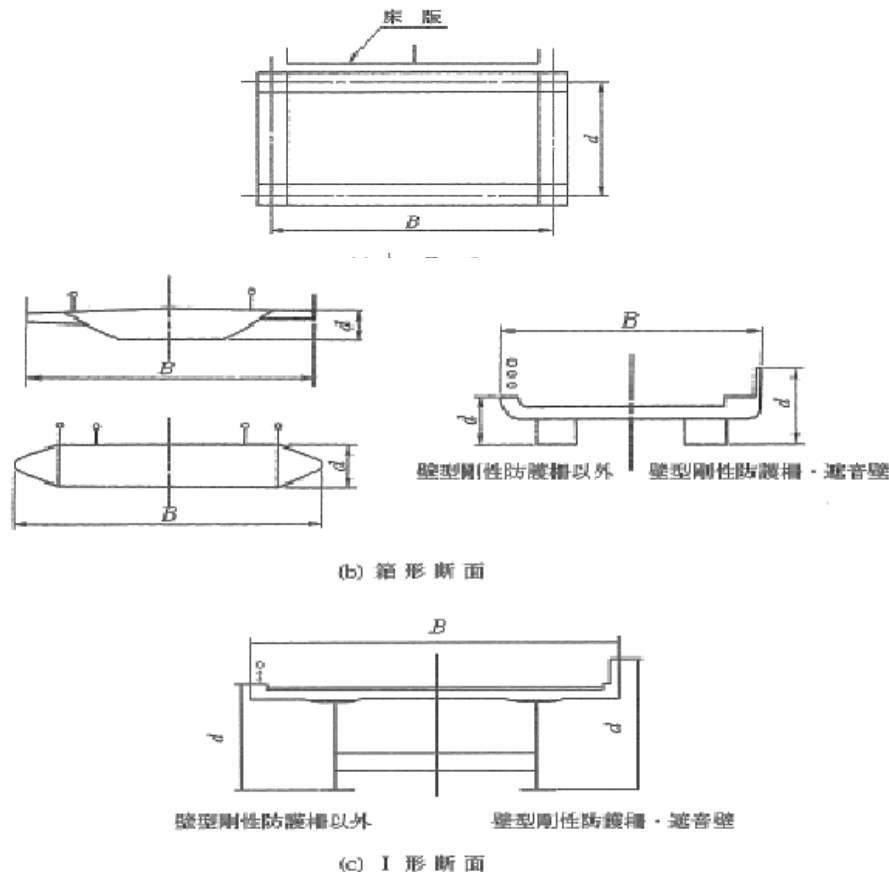
- ii) 鋼 I 形桁橋

$$U_{cf} = (6.0 - B/d) f_\theta \cdot B \quad (1.9 \leq B/d < 3.5) \quad \dots\dots\dots (5.6)$$

$$U_{cf} = 2.5 f_\theta \cdot B \quad (3.5 \leq B/d < 4.5) \quad \dots\dots\dots (5.7)$$

$$U_{cf} = 2.1 f_\theta \cdot B \quad (3.5 \leq B/d < 4.5, \text{かつ、特に乱れの小さな海上部に建設する場合}) \quad \dots\dots\dots (5.8)$$

ここに、 f_θ は、ねじれ 1 次固有振動数 (Hz) , B : 桁の総幅 (m) と d : 桁有効高さ (m) は、図-4 参照。



注1) 有効高 d には風上側壁高欄・遮音壁・地覆も含むものとするが、中央分離帯 (自動車防護柵、地覆など) は含まない。鋼製高欄や半壁高欄の場合の有効高 d には、地覆もしくは壁高欄の上端までの高さを考慮する。
 注2) 橋床 - 床組部分の横断勾配は無視する。

図 - 4 けたの総幅 B と有効高 d

3) ギャロッピング発現風速 U_{cg} の推定式に基づく照査

架橋地点の乱れ強さ I_u が、0.15 未満で、桁の総員 B と有効高 d (図 - 4) との比 B/d が 5 未満の箱桁断面および I 形断面の鋼桁を有する橋 (鋼 I 形桁橋) の場合には、ギャロッピングに対する耐風性の検討を行なう必要がある。発現風速 U_{cg} が照査風速 U_{rg} より高くなければならない。なお、照査風速 U_{rg} は設計基準風速 U_d の 1.2 倍とする。

$$U_{rg} = 1.2 \times U_d \quad \dots\dots\dots (5.9)$$

i) 吊橋・斜張橋 (箱形断面の桁)、鋼箱桁橋

海上のように周辺地形が平坦でほぼ水平の風が吹く場合

$$U_{cg} = 8 f_h \cdot B \quad (\text{ただし、鋼製支承の場合}) \quad \dots\dots\dots (5.10)$$

$$U_{cg} = 4.5 f_h \cdot B \quad (\text{ただし、ゴム支承の場合}) \quad \dots\dots\dots (5.11)$$

橋の背後に半島、岬などがあり、吹上げの風が吹く場合

$$U_{cg} = 4 f_h \cdot B \quad \dots\dots\dots (5.12)$$

ii) 鋼 I 形桁橋

$$U_{cg} = 3.5 f_h \cdot B \quad \dots\dots\dots (5.13)$$

ここに、 f_h は、鉛直たわみ 1 次固有振動数 (Hz) , B : 桁の総幅 (m)

4) 渦励振の発現風速、発現振幅の推定式に基づく照査

i) 検討の必要な断面……………吊橋・斜張橋 (箱形断面の桁)、鋼 I 形桁橋 及び鋼箱桁橋

ii) 検討モード

- 吊橋・斜張橋 (箱形断面の桁) 及び鋼 I 形桁橋…………鉛直たわみモード及びねじれモード
- 鋼箱桁橋…………鉛直たわみモード

iii) 照査基準

鉛直たわみモードとねじれモード (括弧内に示す) が下記の式を満たすことが必要。

$$U_{cvh} (U_{cv\theta}) > U_{rvh} (U_{rv\theta}) \quad \dots\dots\dots (5.14)$$

$$h_c (\theta_c) < h_a (\theta_a) \quad \dots\dots\dots (5.15)$$

ここに、 $U_{cvh} (U_{cv\theta})$: 鉛直たわみ (ねじれ) 渦励振の発現風速 (m/s)

$U_{rvh} (U_{rv\theta})$: 鉛直たわみ (ねじれ) 渦励振の照査風速 (m/s)

$h_c (\theta_c)$: 鉛直たわみ (ねじれ) 渦励振の発現振幅 (m) または ($^{\circ}$)

$h_a (\theta_a)$: 鉛直たわみ (ねじれ) 渦励振の許容振幅 (m) または ($^{\circ}$)

なお、許容振幅は、橋の安全性、使用性を考慮して決定する。

iv) 鉛直たわみ発現風速と振幅の推定式

- 吊橋・斜張橋 (箱形断面の桁)、鋼箱桁橋の発現風速

$$U_{cvh} = 2.0 f_h \cdot B \quad \dots\dots\dots (5.16)$$

- 鋼 I 形桁橋の発現風速

$$U_{cvh} = 2.0 f_h \cdot B \quad (1.9 \leq B/d < 4.5) \quad \dots\dots\dots (5.17)$$

- 鉛直たわみの振幅

$$h_c = h_e \cdot E_{ms} \cdot E_{th} \quad \dots\dots\dots (5.18)$$

$$h_e = \beta_h \cdot B / (m_r \cdot \delta_h) \quad \dots\dots\dots (5.19)$$

$E_{ms} = 1.3$ として与えることにより、

$$h_c = 1.3 \beta_h \cdot B / (m_r \cdot \delta_h) \cdot E_{th} \quad \dots\dots\dots (5.20)$$

ここに、 h_e : 一様中の振動モード一定の場合の鉛直たわみ渦励振の発現振幅 (m)、
 β_h : 鉛直たわみ渦励振振幅換算係数 (以下の式で計算する)

i) 吊橋・斜張橋 (箱形断面の桁)、鋼箱桁橋

$$\beta_h = 0.05 (B/d)^{-1} \cdot \beta_{ds} \quad \dots\dots\dots (5.21)$$

ii) 鋼 I 形桁橋

$$\beta_h = 0.04 \quad (1.9 \leq B/d < 3.5) \quad \dots\dots\dots (5.22)$$

$$\beta_h = 0.14 (B/d)^{-1} \quad (3.5 \leq B/d < 4.5) \quad \dots\dots\dots (5.23)$$

ここに、 β_{ds} : 箱桁断面の形状補正係数。

・ブラケット長が有効高 d の 1/4 以下でウェブが垂直 $\rightarrow \beta_{ds} = 2$

・ブラケット長が有効高 d の 1/4 以上またはウェブが斜め、
 または、六角断面 (図-5) の場合 $\rightarrow \beta_{ds} = 1$

m_r : 無次元質量 (= $m/(\rho B^2)$)、 m : 橋の単位長さあたりの質量 (kg/m)、 ρ : 空気密度 (1.23kg/m³)、変断面の桁橋は主径間 1/4 点の平均値、斜張橋の場合は、ケーブルの半分を考慮。吊橋は、主ケーブル、ハンガー、ケーブルバンドを考慮する。

δ_h : 鉛直たわみモードの構造減衰 (表-3)

E_{ms} : 振動モードの補正係数 (後述する式 (5.37) 参照)

E_{th} : 一様流中で観測された振動振幅の気流の乱れによる低減係数。

気流の乱れ強さ I_u が 0.11 以上の場合、表-4 の値を用いても良い。

$$E_{th} = 1 - 15 \cdot \beta_t \cdot (B/d)^{1/2} \cdot I_u^2 \geq 0 \quad \dots\dots\dots (5.24)$$

ここに、 β_t : 乱れの影響に関する係数。断面が六角断面 (図-5) では、0 で他は 1。

v) 照査風速 (U_{rvh}) 設計基準風速 U_d と同じである。

$$U_{rvh} = U_d \quad \dots\dots\dots (5.25)$$

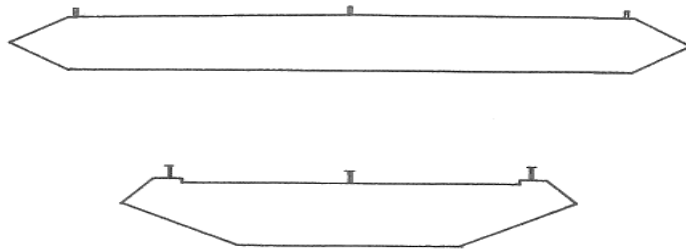


図-5 六角形断面のけたの例

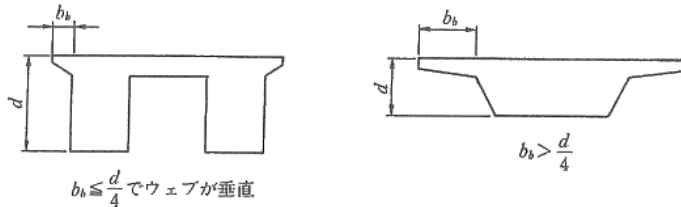


表-3 けたの振動の照査に用いる構造減衰 (対数減衰率) の参考値

橋の種類		構造減衰 (対数減衰率) δ
吊橋	トラスげたを有する吊橋	0.03
	箱形断面のけたを有する吊橋	0.02
斜張橋	トラスげたを有する斜張橋	0.03
	箱形断面のけたを有する斜張橋	0.02
けた橋	鋼製支承の場合	$\frac{0.75}{\sqrt{L}}$
	ゴム支承の場合	$\frac{0.35}{\sqrt{L}}$

ここに、 L : 最大支間長 (m)

注) 制振装置を設置する場合には、その効果を別途適切に考慮する。

表 - 4 気流の乱れによる渦励振の振動振幅の低減係数 E_{θ}

B/d	I_w 六角形断面以外の場合										断六角形
	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	
$2 < B/d \leq 3$	0.7				0.5	0.4		0.3	0.2	0.1	1
$3 < B/d \leq 4$		0.6		0.5	0.4	0.3	0.2	0.1			
$4 < B/d \leq 5$				0.4	0.3	0.2	0.1				
$5 < B/d \leq 6$					0.4	0.3	0.2				
$6 < B/d \leq 7$		0.5			0.2	0.1					
$7 < B/d \leq 8$			0.4	0.3				0			
$8 < B/d \leq 9$					0.1						
$9 < B/d \leq 10$		0.4	0.3	0.2							
$10 < B/d \leq 11$			0.2	0.1							

vi) ねじれ渦励振発現風速と振幅の推定式

●吊橋・斜張橋（箱形断面の桁）の発現風速

$$U_{cv\theta} = 1.33 \cdot f_{\theta} \cdot B \quad \dots\dots\dots (5.26)$$

●鋼 I 形桁橋の発現風速

$$U_{cv\theta} = (3.5 - 0.62B/d) f_{\theta} \cdot B \quad (1.9 \leq B/d < 3.5) \quad \dots\dots\dots (5.27)$$

$$U_{cv\theta} = 1.33 \cdot f_{\theta} \cdot B \quad (3.5 \leq B/d < 4.5) \quad \dots\dots\dots (5.28)$$

●ねじれの振幅

$$\theta_c = \theta_e \cdot E_{ms} \cdot E_{t\theta} \quad \dots\dots\dots (5.29)$$

$$\theta_e = \beta_{\theta} / (I_{pr} \cdot \delta_{\theta}) \quad \dots\dots\dots (5.30)$$

$E_{ms} = 1.3$ として与えることにより、

$$h_c = 1.3 \beta_{\theta} / (I_{pr} \cdot \delta_{\theta}) \cdot E_{t\theta} \quad \dots\dots\dots (5.31)$$

ここに、 θ_e : 一様中の振動モード一定の場合のねじれ渦励振の発現振幅 (°)、

β_{θ} : ねじれ渦励振振幅換算係数 (以下の式で計算する)

i) 吊橋・斜張橋（箱形断面の桁）

$$\beta_{\theta} = 13.2 (B/d)^3 \cdot \beta_{ds} \quad \dots\dots\dots (5.32)$$

ii) 鋼 I 形桁橋

$$\beta_{\theta} = 1.3 \quad (1.9 \leq B/d < 3.4) \quad \dots\dots\dots (5.33)$$

$$\beta_{\theta} = 51.1 (B/d)^3 \quad (3.4 \leq B/d < 4.5)$$

ここに、 β_{ds} : 箱桁断面の形状補正係数。

・ブラケット長が有効高 d の 1/4 以下でウェブが垂直 $\rightarrow \beta_{ds} = 2$

・ブラケット長が有効高 d の 1/4 以上またはウェブが斜め、

または、六角断面 (図-5) の場合 $\rightarrow \beta_{ds} = 1$

I_{pr} : 無次元極慣性モーメント ($= I_p / (\rho B^4)$)、 I_p : 橋の単位長さあたりの極慣性モーメント ($\text{kg} \cdot \text{m}$)、 ρ : 空気密度 (1.23kg/m^3)、変断面の桁橋は主径間 1/4 点の平均値、斜張橋の場合は、ケーブルの半分を考慮。吊橋は、主ケーブル、ハンガー、ケーブルバンドを考慮する。 I_p の近似値は次式で与えられる。

$$I_p = (0.3B)^2 \cdot m \quad \dots\dots\dots (5.34)$$

δ_{θ} : ねじれモードの構造減衰 (表-3 参照)

E_{ms} : 振動モードの補正係数 (式 (5.37) 参照)

$E_{t\theta}$: 一様流中で観測された振動振幅の気流の乱れによる低減係数。

気流の乱れ強さ I_u が 0.11 以上の場合、表-5 の値を用いても良い。

$$E_{t\theta} = 1 - 20 \cdot \beta_t \cdot (B/d)^{1/2} \cdot I_u^2 \geq 0 \quad \dots\dots\dots (5.35)$$

ここに、 β_t : 乱れの影響に関する係数。断面が六角断面 (図-5) では、0 で他は 1。

v) 照査風速 ($U_{rv\theta}$) ねじりもたわみと同様に設計基準風速 U_d と同じである。

$$U_{rv\theta} = U_d \quad \dots\dots\dots (5.36)$$

vi) E_{ms} : 振動モードの補正係数 (通常 1.3 を使用する)

$$E_{ms} = \frac{\int_D \Phi^2 dx}{\int_D |\Phi| \Phi^2 dx} \quad \dots\dots\dots (5.37)$$

ここに、 $\int_D dx$: けたに関する積分

Φ : 着目する鉛直たわみないしねじれの振動モードである。

なお、振動モードが相似されているような風洞試験をした場合には補正の必要はない。

表-5 気流の乱れによる渦励振の発現振幅の低減係数 $E_{t\theta}$

B/d	I_u	六角形断面以外の場合										断六角形
		0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	
$2 < B/d \leq 3$	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1					1
$3 < B/d \leq 4$	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1						
$4 < B/d \leq 5$	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1							
$5 < B/d \leq 6$					0.1							
$6 < B/d \leq 7$	0.4	0.3	0.2							0		
$7 < B/d \leq 8$			0.1									
$8 < B/d \leq 9$				0.2								
$9 < B/d \leq 10$	0.3	0.2										
$10 < B/d \leq 11$			0.1									

6. 結言

本稿は参考文献1)の第5章を主に紹介したが、推定式の根拠などをこの章で記しており非常に参考になる記述が多い。本稿を読み興味を持たれた方は原書を参照されたい。

本稿は、橋梁の基本設計を行なう際、対象橋梁の耐風性の目安を得るのに役立つと考える。ただし、詳細設計を行なう際には、厳密な振動解析や風洞試験等の耐風性の実地検討を行なっていただきたい。

紙面の制約で、塔およびケーブルの風による振動を言及できなかった。また、ガスト応答、制振方法および風洞試験方法にも触れられなかった。

浅学な著者が個人で記述したので、見落としや独断的な誤りもあろうかと恐れている。その点は、読者の寛大なお赦しを請いたい。

参考文献

- 1) 「道路橋耐風設計便覧」(平成19年改訂版)、(社団法人)日本道路協会
- 2) 田中 洋:長大橋梁建設のための耐風工学、韓国鋼構造学会誌(KSSC)、2012年6月号、P9-P15