

本州・四国連絡橋の耐風設計指針について

平 井 敦*
大久保 忠 良**

1. まえがき

本州と四国を連絡する道路（橋梁）として、現在5本の路線が考えられているが、これら5路線のいずれについても、海底地形、航路幅などの制約をうけ、従来日本国内にはみられなかった長大支間の吊橋の建設が必要となる。各路線についての調査は、昭和34年度から、建設省、日本国有鉄道など関係機関により行われており、路線によっては、主径間1500 m、側径間700 mにおよぶ、世界にもまだ例をみない超長大吊橋が計画されている。

改めて述べるまでもなく、吊橋の如く可撓性に富む構造物については、台風などの強風時における空力弾性学的な挙動や耐風安定性など問題とすべき点が多い。土木学会においても、建設省、日本国有鉄道（昭和39年度以降は日本鉄道建設公団）の委託により、昭和36年度から発足した本州四国連絡橋技術調査委員会の下部組織として、耐風設計小委員会を設け、昭和38年1月から、吊橋を中心として本州四国連絡橋の耐風設計に関する討議を行ってきた。

耐風設計小委員会においては

1. 現地周辺における関係諸機関の調査内容を審議すると共に、調査結果を集収する。
2. 国内国外の文献その他の資料をできる限り広く調査する。
3. 上記諸資料を整理して連絡橋の耐風設計指針、同解説書および文献資料集を作成する。

ことを目標に、既に18回の小委員会を開き、討議の結果の1964年度における集約として、本年9月、耐風設計指針を作成した。この指針は、現在瀬戸内海一帯で行われている観測記録の解析整理、既往資料の解析などにより、一部に作表して補充すべき点を残しており、また今後における研究の結果により修正さるべきものであるが、第1次の成案を得た機会にその全文を紹介する次第である。

なお、この耐風設計指針は、委員会を構成する44名の委員の討議によって生れたものであり、筆者などは同委員会の委員長および幹事として参加していた関係上、本日の発表者となっているに過ぎないことをお断わりする。

2. 本州、四国連絡橋耐風設計指針（1964）

第1章 総 則

* 東京大学工学部

** 建設省土木研究所

1.1 適用範囲

この指針は、本州四国連絡橋の耐風設計についての一般的指針を示すものである。ただし、土木学会、建設省、日本国有鉄道の仕様書、示方書、指針などに定めのあるものについては、それぞれの定めるところによる。

1.2 記号

この指針には次に示す記号を用いる。各量の単位はすべて重力単位とする。

1.2.1 空気密度

$$\rho: \text{空気密度} \quad \left(\frac{\text{Kg} \cdot \text{Sec}^2}{\text{m}^4} \right)$$

一般には $\rho = 0.125 \frac{\text{Kg} \cdot \text{Sec}^2}{\text{m}^4}$ とし、風洞実験など特に精密を要する場合には次式で求める。

$$\rho = 0.13186 \times \frac{273}{273 + T} \times \frac{H - 0.378 h}{760} \cdot \frac{\text{Kg} \cdot \text{Sec}^2}{\text{m}^4}$$

ここに

T: 空気の温度(°C)

H: 空気の圧力 (mm Hg)

h: 空気中の水蒸気圧 (mm Hg)

1.2.2 記号

記号	内 容	単 位
V ₁₀	基本風速	m/Sec
V _Z	高さ Zm における十分間平均最大風速	m/Sec
V _D	設計風速	m/Sec
Z	地表面または水面から測った高さ	m
R	再現期間	年
P	地表の状況により定まる定数	
P _D	単位長当りの抗力 (設計基準軸方向の成分であらわす)	t/m
P _L	単位長当りの揚力 (設計基準軸方向の成分であらわす)	t/m
M _t	単位長当りの空力モーメント	t · m/m
C _D	抵抗係数	
C _L	揚力係数	
C _M	モーメント係数	
δ	対数減衰率	
A	単位長当りの曝露面積	m ² /m
B	構造物または部材の幅	m

第2章 設計の基本とする風の特徴

2.1 基本風速

2.1.1 定義

基本風速とは、橋梁架設地点の地表上または水面上10mの高さにおける、10分間平均最大風速のR年間の再現期待値を云う。

2.1.2 基本風速の求め方

基本風速は、附図1および2に示した30年および50年の再現期間に対する10分間平均最大風速の期待値分布図、ならびに附図3に示した二重指数確率紙を用い、R年間の期待値として求めるものとする。特に指定しない場合はR=100とする。

2.2 設計風速

2.2.1 定義

設計風速とは、基本的設計の風圧荷重の算定に用いる風速を云う。

2.2.2 設計風速の求め方

設計風速は、基本風速に対し、構造物の高度による補正を行なった後、更に水平長または鉛直長による補正を行って求めるものとする。

2.2.3 高度による風速の補正

地表または水面上Zmの高さにおける10分間平均風速は次式で求める。

$$V_z = V_{10} \left(\frac{Z}{10} \right)^p \quad (240 \geq Z \geq 10)$$

$$V_z = V_{10} \quad (Z \leq 10)$$

ここでpは地表の状況により定まる定数であって、架橋地点周辺における観測を基にして定めるものとするが、これにより難い場合には、次表の値を参考として定めてよい。

表-1 pの値

地表の状況	pの値
開けた水面	1/6
開けた平地	1/6
森林地帯	1/3.5
都市域内	1/2.5

表-2 $\left(\frac{Z}{10} \right)^p$ の値

Z \ p	pの値							
	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3.5	1/3	1/2.5
10	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
15	1.052	1.060	1.070	1.084	1.107	1.123	1.145	1.176
20	1.091	1.104	1.112	1.149	1.189	1.219	1.260	1.320

$Z \backslash P$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3.5}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2.5}$
30	1.147	1.170	1.201	1.246	1.316	1.369	1.442	1.552
40	1.189	1.219	1.260	1.320	1.414	1.480	1.587	1.741
50	1.223	1.258	1.308	1.380	1.495	1.584	1.710	1.904
60	1.251	1.292	1.348	1.431	1.565	1.668	1.817	2.048
70	1.275	1.320	1.383	1.476	1.627	1.744	1.913	2.178
80	1.297	1.346	1.414	1.516	1.682	1.811	2.000	2.297
90	1.316	1.369	1.442	1.552	1.732	1.873	2.080	2.408
100	1.334	1.389	1.468	1.585	1.778	1.931	2.154	2.512
120	1.364	1.426	1.513	1.644	1.861	2.034	2.289	2.702
140	1.391	1.458	1.552	1.695	1.934	2.126	2.410	2.874
160	1.414	1.486	1.587	1.741	2.000	2.200	2.520	3.031
180	1.435	1.511	1.619	1.783	2.060	2.284	2.621	3.178
200	1.454	1.534	1.648	1.821	2.115	2.354	2.714	3.314
220	1.471	1.555	1.674	1.856	2.166	2.419	2.802	3.443
240	1.488	1.575	1.698	1.888	2.213	2.479	2.885	3.565

2.2.4 水平長による風速の補正

水平方向に長い構造物に対しては、設計風速を求める場合、基本風速に対して高度による補正を行った後、更に水平長により次の係数を乗するものとする。

表-3 水平長による補正係数

地域	水平長 Z (m)	150	300	450	600	750	900	1050	1200	1350	1500
		開けた海上又は平地	10	1.400	1.300	1.244	1.206	1.177	1.155	1.136	1.119
	30	1.240	1.186	1.155	1.133	1.117	1.104	1.093	1.083	1.075	1.068
	50	1.196	1.153	1.129	1.112	1.099	1.088	1.080	1.072	1.065	1.059
	70	1.168	1.132	1.112	1.097	1.086	1.078	1.070	1.064	1.058	1.053
	100	1.144	1.114	1.097	1.085	1.076	1.069	1.062	1.057	1.052	1.048

- 註1. 150m以下の水平長に対しては150mの値を採用する。
- 註2. 150m以上で表にない水平長および Z に対しては内挿法で求める。
- 註3. 水平長の決め方は3.3.2による。

2.2.5 鉛直長による風速の補正

吊橋の主塔，ハンガーおよび塔状の構造物に対しては，設計風速を求める場合，基本風速に対して高度による風速の補正を行った後，更に鉛直長により次の係数を乗ずるものとする。

表-4 鉛直長による補正係数

鉛直長 地域 (m)	30	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
開けた海上 又は平地	1.500	1.432	1.316	1.256	1.221	1.192	1.171	1.157	1.144	1.132	1.121	1.114

註1. 鉛直長30m以下は定数とし30mの値を用いる。

註2. 30m以上で表にない鉛直長に対しては内挿法で求める。

註3. 鉛直長のとり方は3.3.2による。

2.3 風 向

2.3.1 風 向

風は構造物に対して最も危険な方向に吹くものとする。観測資料などより，架橋地点における風向に特性が認められる場合には，それを考慮するものとする。

2.3.2 迎 角

風は鉛直面内で 10° 以下の吹き上げ，あるいは吹き下しがあるものとする。観測資料等より，架橋地点における迎角に特性が認められる場合には，それを考慮するものとする。

2.4 変動風速

自然の風の中では，各点各瞬間の風速は一定でなく，平均値の上下に変動をしている。この変動の大きさは不規則であり，頻度分布は正規分布にしたがう。

2.5 観測および地形模型による実験

本州四国連絡橋の架設に先立って，架橋地点の周辺に観測点を配置し，10分間平均風速，瞬間風速，風速の鉛直分布，風速の水平分布，風速評価時間による風速の変化，風向，迎角，変動風速などを観測することが望ましい。

また地形が複雑な地点においては，地形模型による風洞実験を行い，風速分布に対する地形の影響をあらかじめ検討しておくことが望まれる。

第3章 基本的設計

3.1 一 般

基本的設計とは，与えられた自然条件，技術条件および社会条件のもとに設計荷重を定め，構造物に対する各種の限界値を侵すことなくこの荷重に耐え，かつ経済的な構造物の形状，寸法，構造を求める過程を云う。風により振動を生じやすい構造物においては，基本的設計により求めた形状，寸法，構造に対し，動力的な解析計算と模型実験を行ない，その安定性と応答を検討した後，必要な場合には設計荷重と限界値の修正を行い，再び構造物の形状，寸法，構造を求めるが，本章は上記のうち，動的解析と模型実験を除いた過程への指針を示すものである。

3.2 風荷重

3.2.1 考慮すべき風荷重

風荷重は、橋梁各部に作用する空気力にもとづいて定められる。

空気力は、抗力、揚力、回転モーメントからなり、それぞれ次式によって定めるものとする。

$$\text{抗力} \quad P_D = \frac{1}{2} \rho V^2 \cdot C_D \cdot A$$

$$\text{揚力} \quad P_L = \frac{1}{2} \rho V^2 \cdot C_L \cdot B$$

$$\text{回転モーメント} \quad M_t = \frac{1}{2} \rho V^2 \cdot C_m \cdot B^2$$

橋梁各部に考慮する風荷重は、次の通りである。

橋 抗力、揚力、回転モーメント


















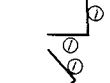




ケーブル 抗力

塔または橋脚 抗力

3.2.2 空気力係数

設計風荷重を決めるための橋梁各部の空気力係数は、第5章に定める風洞実験を行って求めるものとする。当初の概略設計に当っては、表-6および表-7に示した抵抗係数の値を参考にして定めてもよい。

表-6 部材の抵抗係数

番号	形状	係数	番号	形状	係数	番号	形状	係数
1		2.0	9		1.45	17		1.2 (1.1)
2		1.2	10		2.01	18		2.0 (1.3)
3		2.0	11		1.75	19		1.55
4		1.8	12		1.52	20		1.2 (0.7)
5		2.0	13		2.0 (1.2)	21		1.3 (1.0)
6		1.1	14		1.5 (1.5)	22		2.3
7		1.8	15		1.4 (0.6)	23		1.2
8		1.7	16		2.2 (1.6)			

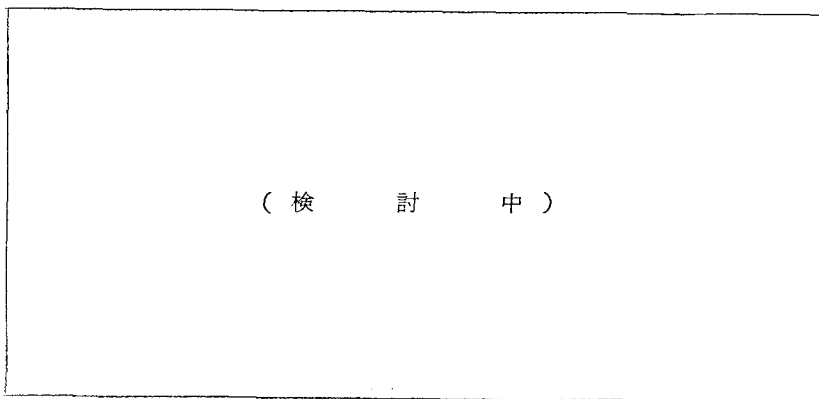
註1. 図中の○で囲んだ数字は寸法の比率を示す。

註2. 風は水平に左から右に吹くものとしている。

註3. 番号21は12角形部材。

註4. 括弧内の数値は限界レイノルズ以上における抵抗係数の値を示す。

表-7 吊橋断面の抵抗係数



3.3 風荷重の載荷方法

3.3.1 吊橋各部の高度

吊橋各部に対する設計風速を求める場合、2.2.2に記した構造物の高度は次の通りとする。

補剛桁：中央径間の中央点下面における高さ

ケーブルおよびハンガー：補剛桁中央点下面と主塔頂点の中央の高さ

主塔および塔状構造物：塔高の65%の高さ

3.3.2 載荷方法

吊橋の補剛桁に対しては、主径間長を水平長として設計風速を求め、この風速から定められる風荷重を移動荷重として作用させるものとする。他の型式の橋梁についても、これに準じて取扱うものとする。吊橋の主塔および塔状構造物に対しては、それぞれの高さを鉛直長として設計風速を求め、この風速により定まる風荷重を等分布荷重として作用させるものとする。吊橋のケーブルに対しては、主径間長を水平長として設計風速を求め、この風速により定まる風荷重を等分布荷重として作用させるものとする。吊橋のハンガーに対しては、主径間のハンガー長の平均値を鉛直長として設計風速を求め、この風速により定まる風荷重を等分布荷重として作用させるものとする。

3.4 限界風速

3.4.1 弾性不安定現象に対する吊橋の限界風速

空気力による横座屈などの弾性不安定現象に対する吊橋の限界風速は、設計風速の1.7倍以上とする。

3.4.2 自励振動現象に対する吊橋の限界風速

空気力による自励振動現象に対する吊橋の限界風速は、設計風速の1.2倍以上とする。

3.4.3 その他風による振動に対する考慮

設計風速以下において、カルマン渦その他風による振動が、構造物に損害を与えることがないよう注意しなければならない。

第4章 動的解析

4.1 一般

吊橋のごとく変形しやすい構造物の耐風設計には、外力としての風の時間的変動、および構造物の動的挙動を考慮して、4.3 および 4.4. に述べる現象を対象とした動的解析を、基本的設計と併せて行うことが望ましい。これらは 3.4 に定めた風速を基準とする。

4.2 吊橋の振動特性

4.2.1 固有振動数と規準振動形

吊橋の動的解析に当っては、下記の各振動状態についてその固有振動数および基準振動形を求めておくことが必要である。

A 架設中の状態

- a) 塔架設中 橋軸方向曲げ振動（場合によっては換れ振動）
- b) ケーブル架設中 鉛直たわみおよび横たわみ振動
- c) 補剛桁架設中 各方向のたわみ、振れおよび回転振動

B 完成後の構造物鉛直たわみおよび換れ振動

なお A の b), c) および B については、必要に応じ連成振動も考慮する。

4.2.2 構造減衰

吊橋の動的解析に当って、他に適当な資料がない場合には、対数減衰率として次の値を標準として用いる。

吊橋構造全体に対して： $\delta = 0.05$

塔のみの場合： $\delta = 0.02$

4.3 自励振動

構造物の空力弾性的な特性と関連して、空気力の作用により構造物は負減衰振動を生ずることがあり、これを自励振動現象とよぶ。

自励振動は、設計風速の 1.2 倍未満では発現しないことを確かめておかなければならない。確認の方法は風洞実験によるものとする。

4.4 風速変動の影響

構造物は、風速変動の影響を受けて振動する。この振動の程度を評価し、その影響を設計に考慮することが望ましい。

第5章 風動実験

風洞実験の結果をもって構造物の設計資料とする場合は、実験方法、実験結果の処理等について十分注意を払い、所要の精度が得られるよう実験を行わなければならない。模型および気流は、実験目的に応じて定められる相似側を満足するものでなければならない。実験方法および測定値の精度は、できる限り詳細に明示しなければならない。

第6章 その他

6.1 施工条件に対する計算

構造物は完成後の耐風強度が十分であるばかりでなく、架設各段階において、各部が可能性のある最も不利な風の影響を考慮して計算しなければならない。

ただし、その時の風は再現期間30年の値を用いる。

6.2 施工時の注意

ケーブル架設前の塔、ケーブル架設中、補剛トラスの架設中などに、風による影響が過大にならないよう、適当な手段を施すものとする。

補 遺

30年および50年の再現期間に対する基本風速分布図が作製されない間は、架設地点近傍の陸上における観測記録から、設計に用いる再現期間に対する期待値を求め、その値に1.17を剰じて海上における基本風速とする。

3. 文献および資料

長大吊橋の耐風設計に関する現状一覧表

風に関する文献

Wind Forces on Structures : Introduction and History^a (M. Biggs)

Wind Forces on Structures : Nature of the Wind^a (H. Sherlock)

Wind Forces on Structures : Nature of the Wind^a Discussion (H. Sherlock)

Wind Forces on Structures : Fundamental Considerations (B. Woodruff)

Rationale for Determining Design Wind Velocities (G. Daveport)

日本各地の最大瞬間風速の分布 (齊藤他)

10分間平均風速による暴風の記録 (齊藤他)

暴風の確率限界値 (齊藤他)

暴風値の図式相関解析 (齊藤他)

台風域内の風の分布の推算法 (山元他)

強風時における突風の拡がり と 突風率について (石崎他)

都市郊外の風速の垂直分布と気温傾度との関係

大気最下層における乱れのパワースペクトル (塩谷)

Wind Forces on Structures : Forces on Enclosed Structures (W. Singell)

Wind Forces on Structures : Plate Girders and Trusses (W. Watters Pagon)

” ” Discussion (同上)

” : Structures Subject to Oscillation

(B. Farquharson)

自然風の性質と構造物の動荷重(塩谷)

”(続)(塩谷)

Construction and Vibrational Characteristics of the Tokyo Tower (T. Naito 他)

中, 四連絡送電線の概要(林)

鳴門, 淡路連絡線の鉄塔について(篠原)

鉄塔構造物の風圧力計算要領(亀井)

送電線用鉄塔設計に関する批判(島田)

Design of Multi-Level Guyed Towers (E. Cohen)

海上の風についての文献(1)(半沢)

On the Application of Statistical Concepts to the Buffeting Problem
(W. Liepmann)

Response of Strings to Random Noise Fields (H. Lyon)

Variations of Wind Pressure Against Structures in the Event of Typhoons
(H. Ishizaki)

設計値としての耐用安全値を用いることについて(斉藤)

風(鉄道電化協会)

明石海峡の風について 第2報(神戸市役所他)

送電線用鉄塔の振動(島田)

Karman 渦列及び揚力・抗力の理論に関する文献抄録(平井他)

The Application of Statistical Concepts to the Wind Loading of Structures
(G. Davenport)

Buffeting of a Suspension Bridge by Storm Winds (G. Davenport)

Use of Power Spectra and Scales of Turbulence in Estimating Wind Loads
(H. E. Cramer)

The Relationship Between the Discrete gust and Power Spectra Presentations of Atmospheric Turbulence, with a suggested Model of Low-Altitude Turbulence, (J. K. Zbrozek)

The Spectrum of horizontal gustiness near the ground in high Winds
(G. Davenport)

Weather Instruments

Principles of Model Testing (A. F. Lawrence 他)

災害に関するオペレーションズ・リサーチ(II)(高橋)

確率風荷重の概念に基づく基準風荷重(高橋)

On the Decision of the Design Wind Speeds and the Amount of Precipita-

tion by Means of the Monte Carlo Method (K. Takahashi)
On the Development of Turbulent Wakes from Vortex Streets
(A. Roshko)
The Response of Slender, Line-Like Structures to a Gusty Wind
(G. Davenport)
風 = 抄訳集 = (齊藤)
波止浜, 三原方面の暴風の統計 (高橋)
Experiments on the flow past a Circular Cylinder at Ueny high Reynolds
Number (A. Roshko)
吊橋の Aerodynamic Stability に関する主要文献
Aerodynamic Stability of Suspension Bridges Progress Report of the
Advisory Board on the Investigation of Suspension Bridges
Dynamic Instability of Truss-Stiffened Suspension Bridges Under Wind
Action
Aerodynamic Theory of Bridge Oscillations
模型実験における相似律 (平木訳)
昭和37年度気象調査概報
風による煙突の振動についての考察 (石崎他)
Aerodynamic Stability of Suspension Bridges
Dynamic Instability of Truss-Stiffened Suspension Bridge Under Wind
Action (F. Bleich)
吊橋の Aerodynamic Stability に関する風洞実験報告 (その1)
下向橋落橋資料
風洞試験に関する注意 (河村)
吊橋の耐風安全性に関する基礎研究 (笠口他)
昭和36, 37年度気象調査概報 (国鉄)
明石海峡付近の海上風の分布の研究概報 (国鉄)
吊橋の Aerodynamic Stability に関する風洞実験報告 (その2)
The Aerodynamic Forces on an Aerofoil in Unsteady Motion Between
Porous Walls (S. Rosenblat)
Accelerating body With Vorlex Trail in Variable Two Dimensional flow
(G. Power)
On the Aeroelastic Instability of Bluff Cylinders
1963 International Conference on Wind Effects on Buildings and
Structures

Introductory Review of Wind Effects on Buildings and Structures
(C. Scruton)

Large Steerable Radio Antennas—Climatological and Aerodynamic
Considerations

若戸橋の動的載荷試験(建設省)

自然風を対象とした風洞模型実験の相似則(根本)

The Estimation of Design Wind Speeds (Paper 1)

Effects of Velocity Distribution on Wind Loads and Flow Patterns on
Buildings (Paper 6)

The Buffeting of Structures by Gusts (Paper 9)

Instabilite des Ponts Suspendus Dans Le Vent—Experiences Sur Modele
Redit (Paper 10)

Proposed Code of Practice for Wind Loads for Denmark (Paper 14)

On the Wind—Excited Oscillations of Stacks, Towers and Masts (Paper 16)

The Use of Models to Predict the Oscillatory Behaviour of Suspension
Bridges in Wind (Paper 17)

Les Regles Francaises 1963 Definissant Les Effets du Vent Sur Les
Constructions (Paper 19)

A Summary of Laboratory and Field Studies in the United States on
Wind Effects on Suspension Bridge (Paper 20)

Model Simulation of Wind Effects on Structures (Paper 21)

英国テイntonにおける国際会議提出論文概要(建設省 高田孝信)

The Lateral Motion of Suspension Bridges (M. Ito)

Golden Gate Bridge Vibration Studies^a (S. Vincent)

モデル台風による年最大風速超過確率の推定 (気象庁 高橋浩一郎)

構造物設計に対する安全率(西脇幹事)

強風時における乱れのスペクトルについて(光田)

角柱表面の風圧変動について(石崎他)

家屋に作用する風圧変動のスペクトルについて(棚橋他)

京都大学防災研究所明石海峡風速観測概要

Aseismicity of Suspension Bridges Forced to Vibrate Longitudinally
(K. Kubo)

Vibration of Suspension Bridges (K. Kubo)

2 ヒンジ補剛トラス吊橋(道路橋)の試算設計について(建設省)

橋塔への風の作用研究(N. Esquillan)

List of References to Long Suspension Bridges

Teilmodellversuche Zur Beurteilung des Aerodynamischen Verhaltens
Brucken

On the Coupled free Vibrations of a Suspension Bridge (I) (II)

(N. Shiraishi)

箱型補剛桁吊橋設計試案

縦揺れ振動する翼に作用する空力モーメント(河島)

Lessons in Bridge Design Taught by Aerodynamic Studies

トラス構造塔体の静的風圧荷重(中口他)

Stall Flutter について(河島)

吊橋軌道とその車輛走行安定性に関する研究(八十島)

10分間平均風速値から最大瞬間風速値の推定(齊藤練一)

Variation of Wind Velocity and Gusts With Height (By R. H.
Sherlock)

Gust Variation With Height up to 150 m (By E. L. DEACON)

瞬間最大値と評価時間, 計測器特性との関係について(日野幹雄)

On the Estimation of Wind Loads for Building and Structural Design
(By C. Scruton)

明石海峡付近の海上風の分布の研究(総括)(気象協会)

強風のスペクトル構造について(相馬清二)

既設吊橋の設計示方書(設計指針作成資料)(建設省土木研究所)

長径間つり橋に関する海外視察報告書(原口忠次郎)

本州四国連絡架橋調査気象調査報告(中間報告その2)

速電用大型鉄塔(電気協同研究)

瞬間最大値と評価時間の関係-特に突風率について-(日野幹雄)