降雨を伴う風速の再現期待値 EXTREME WIND SPEEDS FOR VARIOUS RETURN PERIODS DURING RAINFALL

村上周三*, 茅野紀子**, 佐藤秀雄***
Shuzo MURAKAMI, Noriko CHINO and Hideo SATO

Extreme wind speeds for various return periods during rainfall at 49 meteorological stations in Japan were estimated using the statistical method for extremes. The 10 minutes average wind speeds and hourly precipitations for 13 years were used for analysis. These wind speeds were classified into seven categories according to the amount of hourly precipitation. Annual maximum wind speeds in each precipitation class were then extracted from these data. Multiple regression analysis, which assumed that annual maximum wind speed during rainfall was a linear function of a reduced variate and of hourly precipitation, was used to fit the extreme type-I distribution.

Keywords: water proof, wall, roof, wind velocity, extreme value
防水, 壁, 屋根, 風速, 極値

1. まえがき

建物の外壁面あるいは屋根面の水密設計において、漏水危険率は、降水量およびその時同時に作用する風圧力の発生確率により算定される。このため、降雨時の風速とその発生確率に関する検討が重要である。これに関連した既往の研究としては、全国の気象官署における風速の再現期待値（降雨時に限らない場合）が、数件報告されている^{1)~3)}等。また全国の20地点について、風速と降水量の10年間の観測資料から、降雨時の風速の超過頻度が整理されている⁴⁾。しかし、水密設計上必要と考えられる降雨時の風速の長期間の発生確率を推定した例は見られない。このようなことから筆者らは、既報^{5)~7)}において、風と雨が同時に生じる場合の風速の再現期待値に関し推定方法の検討を行い、全国の代表的な6都市（札幌、仙台、東京、名古屋、大阪、福岡）における解析結果を示した。その後さらにデータの充実を目的として、既報^{5)~7)}と同様の手法を用い、全国の43地点における降雨時の風速の再現期待値を推定したので、上述の6都市の結果と併せ、ここに報告する。

2. 解析概要

2.1 降水量および年最大風速の観測資料

図-1に、解析の対象とした49の気象官署の位置を

図-1 解析対象地点

* 東京大学生産技術研究所 教授・工博
** 竹中工務店技術研究所 研究員
*** 竹中工務店技術研究所 主任研究員・工修

Prof., Institute of Industrial Science, Univ. of Tokyo, Dr. Eng.
Research Engineer, Technical Research Laboratory, Takenaka Corp.
Senior Research Engineer, Technical Research Laboratory, Takenaka Corp., M. Eng.

示す。観測資料としては、今回解析の対象とした43地点については、1976～1988年の13年間（ただし鳥取のみ、1977～1988年の12年間）の毎時の1時間降水量および10分間平均風速を用い、1時間降水量の階級別に年最大風速を抽出した。1時間降水量の階級は、5 mm以上、7 mm以上、11 mm以上、21 mm以上、31 mm以上、41 mm以上、51 mm以上の7段階とした。また既報^{5)～7)}に示した札幌、仙台、東京、名古屋、大阪、福岡の6地点については、統計期間は1961～1980前の20年間である（詳細は、既報^{5)～7)}を参照）。

なお表—1に各地点の風速観測高さを示すが、上述の統計期間中に観測高さが変更された地点がある。このため、年最大風速を（1）式を用いて地上10 mにおける風速値に換算し、解析に用いた。

$$V_{10} = V_M \cdot (10/h_M)^{1/7} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 V_{10} ：地上10 mにおける10分間平均風速 (m/s)

V_M ：気象官署の風速観測高さ (h_M) における10分間平均風速 (m/s)

h_M ：風速観測高さ (m)

表—2に、解析に用いた観測値の例として、旭川における13年間の降雨時の年最大風速を大きさの順に並べ変えた順位表を示す。なお同表に示す非超過確率 F_i は、（2）式に示すヘイズンプロットにより求めた。

$$F_i = 1 - (2i - 1) / 2N \quad \dots\dots\dots (2)$$

ただし、 N ：標本数

i ：年最大風速を大きい方から数えた順位

F_i ：大きさ i 番目の年最大風速の非超過確率

2.2 解析方法

風速 V_T 以上の風が平均的にみて T 年に一度の割合で起こると期待されるとき、この T 年を風速 V_T に対する再現期間といい、 V_T を T 年再現期待値という。年最大風速を V 、その確率分布関数を $F(V)$ とすれば、ある年の年最大風速が V_T を超える確率（超過確率）は、

$$\text{Prob}(V > V_T) = 1 - F(V_T) \quad \dots\dots\dots (3)$$

で表され、超過確率と再現期間 T の関係は、

$$1 - F(V_T) = 1/T \quad \dots\dots\dots (4)$$

で表される。すなわち、確率分布関数 $F(V)$ が確定すれば、（4）式により風速の T 年再現期待値が得られる。

年最大風速の確率分布関数としては、一般には Fisher-Tippett の I 型分布（Gumbel 分布、（5）、（6）式）が多く用いられている^{1)～3)}。

$$F(V) = \exp(-e^{-y}) \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$y = a(V - b) \quad \dots\dots\dots (6)$$

ただし、 V ：年最大風速 (m/s)

$F(V)$ ：確率分布関数（非超過確率）

y ：規準極値変量

表—1 風速観測高さ

（a）統計期間中一定の地点

（ただし、1.0m以下の変更は無視した。）

地 点	高さ (m)	地 点	高さ (m)	地 点	高さ (m)
旭 川	14.7	熊 谷	16.9	徳 島	17.4
函 館	15.9	横 浜	20.2	高 松	16.5
青 森	17.1	長 野	18.3	松 山	20.5
秋 田	20.5	甲 府	17.6	高 知	14.6
盛 岡	15.9	静 岡	16.2	山 口	15.3
仙 台	15.8	名古屋	17.5	大 分	19.8
山 形	14.8	金 沢	13.4	長 崎	18.7
福 島	26.0	彦 根	17.5	佐 賀	25.5
水 戸	14.1	京 都	16.0	熊 本	14.8
宇都宮	15.2	神 戸	27.0	宮 崎	21.1
前 橋	17.3	奈 良	11.2	鹿児島	22.0

（b）統計期間中に変更のあった地点

（ただし、1.0m以下の変更は無視した。）

地 点	期 間	高 さ (m)	地 点	期 間	高 さ (m)
札 幌	'61.1～'74.12	17.3	大 阪	'61.1～'68.7	18.6
	'75.1～'80.12	19.9		'68.8～'80.12	53.0
千 葉	'76.1～'78.12	27.0	和歌山	'76.1～'77.3	16.0
	'79.1～'80.12	28.8		'77.4～'88.12	18.0
	'81.1～'81.3	27.0	岡 山	'76.1～'82.9	12.7
	'81.4～'88.12	47.8		'82.10～'88.12	43.0
東 京	'61.1～'64.12	26.9	広 島	'76.1～'87.12	19.3
	'65.1～'78.12	52.2		'88.1～'88.12	94.9
	'79.1～'80.12	74.6	鳥 取	'77.1～'77.10	13.8
岐 阜	'76.1～'80.12	14.4		'77.11～'88.12	32.0
	'81.1～'88.12	22.8	松 江	'76.1～'79.10	15.7
津	'76.1～'87.8	15.4		'79.11～'88.12	26.7
	'87.9～'88.12	39.7	福 岡	'61.1～'74.7	19.0
新潟	'76.1～'81.3	15.9		'74.8～'80.12	24.3
	'81.4～'88.12	18.6	那 覇	'76.1～'87.2	20.6
富山	'76.1～'85.12	14.0		'87.3～'88.12	47.8
	'86.1～'88.12	20.0			
福井	'76.1～'76.7	14.4			
	'76.8～'77.1	19.4			
	'77.2～'88.12	26.1			

表—2 年最大風速の順位表

（単位：m/s、旭川、1976～1988）

順位	非超過 確率 F_i	1時間降水量 H (mm以上)						
		5	7	11	21	31	41	51
1	0.9615	12.3	12.3	12.3	2.8	1.9	—	—
2	0.8846	6.6	6.6	4.7	1.9	0.9	—	—
3	0.8077	6.6	5.7	3.8	1.9	—	—	—
4	0.7308	5.7	5.7	3.8	1.9	—	—	—
5	0.6538	5.7	4.7	2.8	0.9	—	—	—
6	0.5769	5.7	4.7	2.8	—	—	—	—
7	0.5000	5.7	4.7	2.8	—	—	—	—
8	0.4231	5.7	4.7	2.8	—	—	—	—
9	0.3462	4.7	4.7	1.9	—	—	—	—
10	0.2692	4.7	3.8	1.9	—	—	—	—
11	0.1923	4.7	3.8	1.9	—	—	—	—
12	0.1154	4.7	3.8	0.9	—	—	—	—
13	0.0385	3.8	2.8	—	—	—	—	—

（注）表中の風速値は、地上高さ10 mに換算された年最大風速を表す。また非超過確率 F_i は、ヘイズンプロット $F_i = 1 - (2i - 1) / 2N$ により求めた。

$$(y = -1 \cdot n(-1 \cdot nF(V)))$$

a, b : 定数

本報では、降雨時に限った場合の年最大風速の確率分布関数に関しても、既報^{5)~7)}と同様、1時間降水量の階級ごとの年最大風速の分布はFisher-TippettのI型分布に適合する(すなわち、降雨時の年最大風速(V)は規準極値変数(y)に比例する、(6)式参照)と仮定した。また降水量と年最大風速の関係に関しては、本報では1時間降水量の階級を5~7mm, 7~11mmというような範囲により分類したのではなく、5mm以上, 7mm以上...というように下限値により分類しているため、1時間降水量が多いほど年最大風速は低く(表-2参照)、また、1時間降水量が多いほど同じ再現期間に対する風速は低くなければならない(すなわち、1時間降水量が5mm以上, 7mm以上...の各々に対する二重指数確率紙上の直線が、互いに交差することはない)。これらの関係から、本報では既報^{5)~7)}と同様、降雨時の年最大風速(V)は1時間降水量(H)に反比例すると仮定し、降雨時の年最大風速(V)を規準極値変数(y)と1時間降水量(H)の線形結合により表した(7)式をモデルとして用い、重回帰分析により定数 C_0, C_1, C_2 の値を求めた。

$$V = C_0 + C_1 y + C_2 H \quad (7)$$

ただし、 H : 1時間降水量

C_0, C_1, C_2 : 定数

すなわち、1時間降水量の階級(H_i)ごとの年最大風速の観測値(V_i)とその非超過確率(F_i)のデータを用い(表-2参照)、

$$\tilde{V}_i = C_0 + C_1 y_i + C_2 H_i \quad (8)$$

$$y_i = -1 \cdot n(-1 \cdot nF_i) \quad (9)$$

に代入して得られる推定値 $\tilde{V}_i$ と観測値 V_i の差の平方和

$$Se = \sum (\tilde{V}_i - V_i)^2 \quad (10)$$

を最小にする C_0, C_1, C_2 の値を求めた。

なお、降雨時の年最大風速(V)と1時間降水量の関係は反比例と仮定したことに関しては、次節に述べる解析結果において重相関係数が高いことから、今回の解析に関してはほぼ妥当と考えている。

3. 解析結果

図-2~図-6に、降雨時の年最大風速の分布の例を示す。また同図中には、重回帰分析による回帰推定値を直線により示す。図の横軸は規準極値変数 y 、非超過確率 $F(V)$ および再現期間 T を表し、縦軸は年最大風速を表す。なお本報では、観測値の統計期間が13年間あるいは20年間と極値統計を行う上では必ずしも十分ではない。また年最大風速は、近年低減傾向にあることが指摘されている⁹⁾。このため、本解析結果を設計資料等として用いるには統計期間に関する補正が必要と考え、

極値データの個数および年最大風速の低減傾向による再現期待値の相違に関し、既往の研究結果⁹⁾((11), (12)式)を用い、検討を行った。

$$Vn^* = \delta n \cdot Vn \quad (11)$$

$$\delta n = -0.2551 \cdot n(n) + 1.85 \quad (12)$$

ただし、 n : データ個数

δn : 補正係数

Vn^* : 1929年から1977年までの49年間のデータにより推定される再現期待値

Vn : 1929年から1977年までの期間の中の最近 n 年のデータから推定される再現期待値

その結果得られる補正係数の値は、統計期間が13年間の場合には1.2(12年間の場合にも1.2)、統計期間が20年間の場合には1.1である。図-2~図-6に、上述の回帰推定値にこれらの補正係数を乗じた結果を破線により示す。

また表-3には、全国の49地点における回帰定数 C_0, C_1, C_2 および重相関係数の値、および1時間降水量の階級ごとの風速の20年, 50年, 100年再現期待値(回帰推定値に上述の補正係数を乗じた値)を示す。いずれの都市においても重相関係数はおおむね0.8以上であり、高い精度で回帰されているといえる。

図-2 風と雨が同時に生じる場合の年最大風速の分布 (旭川, 1976~1988)

図—3 風と雨が同時に生じる場合の年最大風速の分布
 (横浜, 1976~1988)

図—5 風と雨が同時に生じる場合の年最大風速の分布
 (広島, 1976~1988)

図—4 風と雨が同時に生じる場合の年最大風速の分布
 (神戸, 1976~1988)

図—6 風と雨が同時に生じる場合の年最大風速の分布
 (鹿児島, 1976~1988)

表-3 各地点における解析結果および降雨時の風速の再現期待値

地 点 (() 内は、 重相関 係数)	回帰定数 (上段: C0 中段: C1 下段: C2)	風速の再現期待値(単位: m/s) (再現期間は、上段: 20年、 中段: 50年、下段: 100年)			地 点 (() 内は、 重相関 係数)	回帰定数 (上段: C0 中段: C1 下段: C2)	風速の再現期待値(単位: m/s) (再現期間は、上段: 20年、 中段: 50年、下段: 100年)		
		H ≥ 5	H ≥ 11	H ≥ 31			H ≥ 5	H ≥ 11	H ≥ 31
旭 川 (0. 81)	6. 52 1. 73 -0. 35	11. 9 13. 8 15. 3	9. 4 11. 3 12. 8	1. 0 3. 0 4. 4	福 井 (0. 83)	8. 67 1. 92 -0. 28	15. 6 17. 7 19. 3	13. 5 15. 7 17. 3	6. 8 8. 9 10. 5
札 幌 (0. 96)	8. 68 1. 87 -0. 41	13. 2 15. 0 16. 6	10. 5 12. 1 13. 9	1. 7 3. 7 5. 0	彦 根 (0. 92)	8. 60 1. 67 -0. 24	14. 8 16. 7 18. 1	13. 1 14. 9 16. 3	7. 3 9. 2 10. 6
函 館 (0. 89)	10. 39 1. 68 -0. 43	15. 9 17. 8 19. 2	12. 8 14. 7 16. 1	2. 6 4. 5 5. 9	京 都 (0. 90)	5. 65 1. 43 -0. 14	11. 0 12. 6 13. 8	10. 0 11. 6 12. 8	6. 6 8. 2 9. 4
青 森 (0. 87)	8. 60 1. 67 -0. 35	14. 1 16. 0 17. 4	11. 6 13. 5 14. 9	3. 1 5. 0 6. 4	大 阪 (0. 98)	10. 83 3. 41 -0. 34	21. 1 24. 5 27. 1	18. 9 22. 0 25. 0	11. 6 15. 0 17. 5
秋 田 (0. 77)	9. 15 1. 97 -0. 27	16. 4 18. 6 20. 2	14. 4 16. 7 18. 3	8. 0 10. 2 11. 8	神 戸 (0. 80)	10. 48 2. 59 -0. 16	20. 8 23. 7 25. 9	19. 7 22. 6 24. 7	15. 8 18. 7 20. 9
盛 岡 (0. 82)	7. 59 1. 25 -0. 20	12. 4 13. 8 14. 8	11. 0 12. 4 13. 4	6. 3 7. 7 8. 7	奈 良 (0. 81)	7. 11 1. 53 -0. 22	12. 7 14. 4 15. 7	11. 1 12. 8 14. 1	6. 0 7. 7 9. 0
仙 台 (0. 97)	7. 77 2. 35 -0. 24	14. 7 17. 1 18. 9	13. 2 15. 6 17. 4	7. 8 10. 2 11. 9	和歌山 (0. 84)	11. 38 2. 45 -0. 26	20. 8 23. 6 25. 6	18. 9 21. 7 23. 7	12. 6 15. 3 17. 4
山 形 (0. 85)	4. 85 1. 49 -0. 16	10. 2 11. 9 13. 1	9. 1 10. 7 12. 0	5. 2 6. 9 8. 2	岡 山 (0. 86)	6. 92 1. 70 -0. 24	12. 9 14. 8 16. 2	11. 2 13. 1 14. 5	5. 5 7. 4 8. 8
福 島 (0. 82)	5. 86 1. 23 -0. 15	10. 5 11. 9 12. 9	9. 4 10. 8 11. 8	5. 7 7. 1 8. 1	広 島 (0. 84)	9. 30 2. 17 -0. 28	17. 2 19. 7 21. 5	15. 2 17. 7 19. 5	8. 5 11. 0 12. 8
水 戸 (0. 91)	10. 06 2. 17 -0. 23	18. 4 20. 8 22. 7	16. 8 19. 2 21. 0	11. 2 13. 6 15. 4	松 江 (0. 87)	11. 65 2. 45 -0. 37	20. 5 23. 3 25. 3	17. 9 20. 6 22. 7	9. 0 11. 8 13. 8
宇都宮 (0. 87)	7. 89 1. 71 -0. 15	14. 7 16. 6 18. 0	13. 6 15. 6 17. 0	10. 2 12. 1 13. 5	鳥 取 (0. 93)	9. 42 1. 76 -0. 28	15. 9 17. 9 19. 4	13. 9 15. 9 17. 4	7. 3 9. 2 10. 7
前 橋 (0. 91)	7. 71 2. 13 -0. 22	15. 6 17. 9 19. 7	14. 0 16. 4 18. 2	8. 8 11. 2 13. 0	徳 島 (0. 88)	10. 75 3. 89 -0. 22	25. 4 29. 8 33. 0	23. 8 28. 2 31. 4	18. 5 22. 9 26. 1
熊 谷 (0. 93)	7. 98 1. 86 -0. 17	15. 2 17. 2 18. 8	13. 9 16. 0 17. 5	9. 7 11. 8 13. 4	高 松 (0. 85)	7. 58 3. 14 -0. 19	19. 1 22. 7 25. 3	17. 8 21. 3 23. 9	13. 2 16. 7 19. 3
東 京 (0. 97)	8. 87 2. 35 -0. 21	16. 1 18. 5 20. 4	14. 8 17. 2 19. 0	9. 0 12. 5 14. 2	松 山 (0. 88)	6. 58 1. 53 -0. 23	12. 0 13. 7 15. 0	10. 4 12. 1 13. 3	4. 9 6. 6 7. 9
千 葉 (0. 86)	13. 29 3. 00 -0. 45	23. 9 27. 3 29. 8	20. 7 24. 0 26. 5	9. 8 13. 1 15. 6	高 知 (0. 95)	8. 06 2. 05 -0. 14	16. 1 18. 4 20. 1	15. 1 17. 4 19. 1	11. 7 13. 9 15. 7
横 浜 (0. 91)	11. 68 2. 38 -0. 31	20. 6 23. 3 25. 3	18. 4 21. 0 23. 0	10. 9 13. 5 15. 5	山 口 (0. 87)	11. 82 2. 83 -0. 39	21. 9 25. 1 27. 5	19. 2 22. 3 24. 7	9. 9 13. 0 15. 4
長 野 (0. 92)	7. 66 1. 76 -0. 23	14. 1 16. 0 17. 5	12. 4 14. 4 15. 9	6. 9 8. 9 10. 3	福 岡 (0. 97)	12. 12 2. 86 -0. 34	20. 7 24. 0 26. 2	18. 5 21. 8 23. 7	11. 0 13. 9 16. 2
甲 府 (0. 84)	6. 56 1. 70 -0. 19	12. 8 14. 7 16. 1	11. 5 13. 4 14. 8	7. 0 8. 9 10. 3	大 分 (0. 88)	8. 04 2. 23 -0. 18	16. 5 19. 0 20. 9	15. 2 17. 7 19. 6	10. 8 13. 3 15. 2
静 岡 (0. 94)	9. 71 2. 14 -0. 21	18. 1 20. 4 22. 2	16. 6 19. 0 20. 7	11. 6 14. 0 15. 8	長 崎 (0. 89)	9. 90 1. 76 -0. 16	17. 2 19. 2 20. 6	16. 0 18. 0 19. 5	12. 2 14. 2 15. 6
名古屋 (0. 97)	10. 40 3. 26 -0. 25	20. 6 24. 0 26. 3	19. 0 22. 2 24. 7	13. 6 16. 8 19. 2	佐 賀 (0. 90)	10. 82 3. 45 -0. 25	23. 8 27. 6 30. 5	22. 0 25. 9 28. 7	16. 1 19. 9 22. 8
岐 阜 (0. 91)	7. 08 1. 96 -0. 15	14. 6 16. 8 18. 4	13. 5 15. 7 17. 3	9. 8 12. 0 13. 6	熊 本 (0. 96)	8. 75 1. 27 -0. 17	14. 0 15. 4 16. 5	12. 7 14. 2 15. 2	8. 6 10. 0 11. 1
津 (0. 92)	12. 13 3. 30 -0. 34	24. 3 28. 0 30. 7	21. 8 25. 5 28. 3	13. 6 17. 3 20. 0	宮 崎 (0. 95)	12. 19 2. 37 -0. 25	21. 5 24. 2 26. 2	19. 7 22. 4 24. 4	13. 6 16. 2 18. 2
新 潟 (0. 89)	12. 82 2. 56 -0. 58	21. 0 23. 9 26. 0	16. 9 19. 7 21. 9	2. 9 5. 8 7. 9	鹿児島 (0. 90)	11. 21 2. 98 -0. 29	22. 3 25. 6 28. 1	20. 2 23. 5 26. 0	13. 1 16. 5 19. 0
富 山 (0. 88)	9. 62 2. 41 -0. 26	18. 6 21. 3 23. 3	16. 7 19. 4 21. 4	10. 4 13. 1 15. 2	那 覇 (0. 92)	20. 25 3. 00 -0. 34	32. 9 36. 3 38. 8	30. 4 33. 8 36. 3	22. 2 25. 5 28. 0
金 沢 (0. 95)	8. 55 1. 05 -0. 25	12. 5 13. 7 14. 6	10. 8 12. 0 12. 8	4. 9 6. 1 7. 0					

(注1) H: 1時間降水量

(注2) 表中の風速値は、重回帰分析による回帰推定値に(12)式による補正係数を乗じた値(地上10mにおける値)を示す。

4. 風速の鉛直分布に関する換算方法および降雨時の風速の算定例

本報では、各気象官署の風速を(1)式により地上10 mにおける風速に換算し、解析に用いている。このため解析結果から得られる風速の再現期待値は、地上10 mにおける値である。したがって任意高さ h における風速は、地上10 mにおける風速を(13)式を用いて気象官署の観測高さでの風速値に戻し、さらにその値を(14)式を用いて高さ h における風速値に換算し求められる。

$$V_M = V_{10} \cdot (h_M/10)^{1/7} \dots \dots \dots (13)$$

$$V_h = V_M \cdot (Z_0^M/h_M)^{\alpha_M} \cdot (h/Z_0^A)^{\alpha_A} \dots \dots \dots (14)$$

ただし、 V_M ：気象官署の風速観測高さ(h_M)における10分間平均風速 (m/s)

V_{10} ：地上10 mにおける10分間平均風速 (m/s)

V_h ：建設地点の地上 h (m)における10分間平均風速 (m/s)

h_M ：気象官署の風速観測高さ (単位：m、表—1参照)。

h ：地表面からの高さ (m)。ただし、建設地点の地表面粗度区分に応じて定まる定数 Z_0 (表—4参照) に対し、 $h \leq Z_0$ の場合には $h=Z_0$ とする。

Z_0^M, α_M ：気象官署地点 M の地表面粗度区分に応じて定まる定数 Z_0, α の値 (表—4参照)

Z_0^A, α_A ：建設地点 A の地表面粗度区分に応じて定まる定数 Z_0, α の値 (表—4参照)

以下に算定例として、旭川において1時間降水量が15 mm以上の場合の風速の20年再現期待値 (地上50 mにおける値) を求める手順を示す。

- ① 表—3より、旭川における定数 C_0, C_1, C_2 の値を求める。

$$C_0=6.52, C_1=1.73, C_2=-0.35$$

- ② (4), (5) 式より、再現期間20年に対する規準極値変数 y の値を求める。

$$T=20 \text{ (年)}$$

$$F(V_T)=1-1/T=0.95$$

$$y=-1 \cdot n(-1 \cdot nF(V_T))=2.97$$

- ③ (7) 式に、 C_0, C_1, C_2 および y の値を代入し、また1時間降水量 H を15 (mm) として、風速の20年再現期待値を求める。

$$V=C_0+C_1y+C_2H=6.4 \text{ (m/s)}$$

- ④ (12) 式による補正係数1.2を乗じ、統計期間による再現期待値の相違を補正する。

$$V'=6.4 \times 1.2=7.7 \text{ (m/s)}$$

- ⑤ 気象官署地点および建設地点での粗度区分をⅢと仮定し、(13), (14) 式により地上50 mにおける風速

表—4 風速の鉛直分布に関するパラメータ*

(a) 地表面粗度区分

地表面粗度区分	周辺地域の地表面の状況	代表例
I	障害物のほとんどない平たん地	海岸地帯
II	農作物程度の障害がある地域および樹木・低層建築物などが散在している地域	田園地帯
III	樹木・低層建築物などが密集している地域および中・高層建築物が散在している地域	森林地帯 工場地帯 住宅地
IV	中・高層建築物が広範囲に密集している地域	中・高層市街地

(b) Z_0, α の値

地表面粗度区分	I	II	III	IV
Z_0	5	10	15	30
Z_0	200	250	350	450
α	0.1	0.15	0.2	0.3

(*) 日本建築学会「建築物荷重指針・同解説」より

を求める。

$$V_M=7.7 \times (14.7/10)^{1/7}=8.1 \text{ (m/s)}$$

$$V_h=8.1 \times (350/14.7)^{0.2} \times (50/350)^{0.2}$$

$$=10.3 \text{ (m/s)}$$

以上により、1時間降水量が15 mm以上の場合の風速の20年再現期待値は、地上50 mにおいて10.3 m/sと推定される。

5. まとめ

全国の49地点において、風雨の観測資料より降雨時の年最大風速を抽出し、風と雨が同時に生じる場合の風速の再現期待値を極値統計理論により推定した。

本解析結果が、水密設計をはじめとする種々の問題の検討に資することができれば幸いである。

謝 辞

降水量および風速の観測資料は、地域気象観測資料時日別ファイル (気象庁提供) を使用致しました。ここに記して、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日本気象協会：日本各地の年最大風速 (1929~1966), 気象庁観測技術資料, No. 34, 1971.1
- 2) 中原満雄：年最大風速の再現期待値, 建築研究資料, No. 26, 建設省建築研究所, 1981.3
- 3) 中原満雄, 田村幸雄, 浅見 豊, 新堀喜則, 吉川祐三：日本における建築物設計用の基準風速分布図, 日本建築学会論文報告集, No. 336, 1984.2
- 4) 勝田高司, 寺沢達二, 片山忠久：金属性サッシの気密・水密に関する実験的研究, 東京大学生産技術研究所報告,

- Vol. 20, No. 2, 1970. 8
- 5) 村上周三, 森川泰成, 岩佐義輝, 茅野紀子: 降雨を伴う風速の再現期待値, 生産研究, Vol. 34, No. 4, 東京大学生産技術研究所, 1982. 4
 - 6) 村上周三, 岩佐義輝, 森川泰成, 茅野紀子: 降雨を伴う風速の再現期待値, 日本風工学会誌, No. 27, 1986. 3
 - 7) Murakami Shuzo, Iwasa Yoshiteru, Morikawa Yasushige and Chino Noriko: Extreme Wind Speeds for Various Return Periods during Rainfall, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Vol. 26, pp. 105~125, 1987
 - 8) 岩井重久, 石黒政儀: 応用水文統計学, 森北出版, 1970
 - 9) 藤野陽三, 伊藤 学, 酒井利夫: 年最大風速記録による設計基本風速の算定に関する研究, 土木学会論文報告集, No. 305, 1981. 1
- (1991 年 6 月 10 日原稿受理, 1992 年 2 月 3 日採用決定)
-