

琉球大学学術リポジトリ

沖縄県における強風の再現期待値について

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学工学部 公開日: 2007-08-23 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 天野, 輝久, Amano, Teruhisa メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/1427

沖縄県における強風の再現期待値について

天野輝久*

Extreme Wind Studies in Okinawa

Teruhisa AMANO

Summary

From a viewpoint of establishing a rational design formula for wind loads for buildings, the reference wind pressure is not to be based on the largest instantaneous wind speed experienced so far, but on analysis of an annual series of extreme wind speeds. The paper deals with analysis of annual extreme mean wind speeds obtained at seven meteorological stations in topographically isolated islands of Okinawa, and presents a tentative discussion for the reference wind pressure.

The series of annual extreme mean wind speeds at each station has shown to be well fitted by double exponential distribution. The statistically expected annual extreme mean wind speeds in 50 years of return period at each station have been calculated, and result in 53.6, 51.5 and 61.0 m/s for Naha, Ishigaki and Miyako, respectively. As a consequence of this study, the reference pressures (kg/m^2) of $120\sqrt{h}$, $200\sqrt{h}$ and $260\sqrt{h}$ (h ; height in meter) have been tentatively proposed for Daitoh, main island of Okinawa and Ishigaki, and Miyako, respectively, taking the same value of 2.0 for gust effect factor as in Canadian Code for the consideration of the effects of gusty winds.

1. 序

建築構造物の構造設計の目標が、地震時あるいは強風時におけるそれら構造物の構造安全性の確保にあることは言うまでもない。一般に、建築構造物の耐震・耐風設計は建築基準法に準拠して行なわれている。しかしながら、耐震設計に関しては、宮城県沖地震(1978年)¹⁾などによる被災経験を契機として、慣用の地震荷重の再検討²⁾が進められ、基準法の改定作業が現在進捗中である。一方、耐風設計に関しては、八丈島を襲った7513号台風(1975年)³⁾や沖永良部島を直撃し

た7709号台風(1977年)⁴⁾による被害例を見る限り、設計法全般の再検討が必要とは必ずしも考えられないが、上述の地震荷重の改定を期に、風の乱れの効果に関する最近の研究成果や設計風速の導入など設計法の合理化作業が日本建築学会荷重分科会を中心として進められている。

ひるがえって沖縄県の場合について考えてみると、近年においてはいわゆる被害地震の記録はないが、台風の常襲地帯であり、多大の被害をもたらした15号ルース台風(1951年)、観測史上最大の風速を記録した第2宮古島台風(1966年)、沖縄県の設計用速度圧式のもととなっている最大瞬間風速73.6m/sを記録した12号エマ台風(1956年)など多くの被災を経験してきている⁵⁾。したがって沖縄県の場合、建築物の耐風設計

*琉球大学工学部建設工学科

にあたっては極めて慎重な配慮が必要であり、強風の特性に関して特に合理的な評価が行なわれなければならない。

ところで、慣用の設計用速度圧式は周知のように観測史上最大の瞬間風速の最大値にもとづいて定められている。別に詳しく論じた⁶⁾ように、最大瞬間風速値は測定計器の応答特性に敏感であり、更に、観測地点周囲の地形・地物の影響を受けるために、その統計的性質は平均風速のそれに比して安定性に欠ける。一方、風の動的効果に関する今日的知見を設計式に反映させるためには、平均風速にもとづく平均速度圧を先ず考える必要がある。また、慣用の手法は建築物の使用期間中に予想される最大の強風として「既往最大値」を採っていることになるが、それがどの程度確かなのかは不明である。建築物の建設が経済行為である以上、建物の使用期間中に予想される最大の強風をより合理的に予測し、過大あるいは過少な設計用荷重・外力を採ることのないよう努める必要がある。

以上のような観点から、本研究は沖縄県各地の気象官署における観測記録をもとに、広範囲に点在する各島嶼での年最大風速（10分間平均風速の年最大値）の再現期待値について検討し、更に、その結果にもとづいて設計用速度圧について若干の考察を加えたものである。

2. 年最大風速の再現期待値

2.1 観測資料

統計処理に用いた観測資料は図-1および表-1に示した県内7地点の気象台および測候所における1975年までの年最大風速値⁷⁾である。那覇および石垣島での観測はそれぞれ1891年および1900年より開始されている。しかしながら、1928年以前については観測計器や測定高さが不明のため今回の検討からは除外した。また、那覇については1945年から1950年の6年間は嘉手納飛行場で得られた記録であるため、同様に検討の対象から除外した。したがって、最も記録の長いのは石垣島で47年間となっている。一方、久米島、西表島および与那国島での観測は1950年代以降より開始され、観測期間としては比較的短い。

以上の原資料をもとに、観測法および測器の高さの変更の影響を考慮し、地上10mにおける10分間平均風速に換算した資料を新たに作製した。すなわち、観測

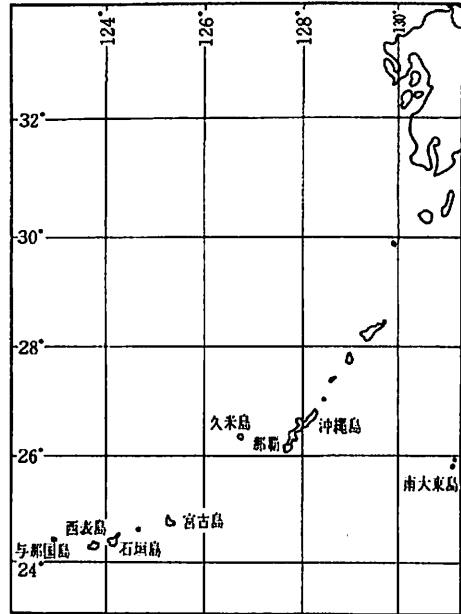


図-1 沖縄県の位置と各島嶼

表-1 観測資料一覧

地域	観測地点名	観測開始年	統計処理開始年	統計年数	備考
沖縄諸島	那覇	1891	1929	41	1945~50を除く
	久米島	1858	1958	18	
大東諸島	南大東島	1947	1947	29	
宮古列島	宮古島	1938	1938	37	
八重山列島	石垣島	1900	1929	47	
	西表島	1954	1954	14	1965~71を除く
	与那国島	1957	1957	19	

法の変更についていえば、1939年以前は平均風速として20分平均風速が採用されていたため、気象庁での慣習にしたがい、原資料に1.10を乗じて求めた。また、高さの変更については同様に気象庁での慣習にしたがって、風速の高さ方向の分布が指数1/7の指数則に従うものとして求めた。

2.2 年最大風速の確率分布

一般に、年最大風速の確率分布は二重指数分布によ

く適合すると置われている⁸⁾。実際、極値理論⁹⁾の教えるところによれば、元の分布が指数タイプであれば、その漸近極値分布 $F(U)$ は二重指数分布、すなわち、

$$F(U) = e^{-e^{-\frac{U-\mu}{\alpha}}} \quad y = \alpha(U-\mu) \dots\dots (2.1)$$

となる。ところで、日最大風速の分布は指数タイプのうち二重指数分布に最もよく適てはまることが知られており¹⁰⁾、したがってそれを母集団とする年最大風速の分布は (2.1) 式によく適合することになる。

さて、 $F(U)$ は年最大風速 U の非超過確率であるから、再現期間を n 年とすると、 n 年の再現期待値 U_n と n との関係は、

$$1 - F(U_n) = \frac{1}{n}$$

すなわち、

$$F(U_n) = \frac{n-1}{n} \quad \dots\dots(2.2)$$

となる。

ところで、実際に観測記録を確率紙上にプロットする際には、非超過確率のとり方について次に示すようないくつかの方法が提唱されている¹¹⁾。

- 1) $F_m = m/N$
 - 2) $F_m = m/(N+1)$ ……Gumbelの方法
 - 3) $F_m = (m-1)/N$ …… $m \neq 1$
 - 4) $F_m = (2m-1)/2N$ ……Hazenの方法
 - 5) $F_m = (m-a)/(N+1-2a)$
……Gringortenの方法
- } ……(2.3)

ここで、 N は観測値数の合計、 m は小さい方から数えた順位であり、 a は適当な定数である。2) のGumbelの方法は、まれにおこる大きな風速値の超過確率の値がよく効くため再現期待値が大きくなる傾向があるが、簡便であり、また、これまで多用されてきたので、ここではこの方法を採用した。

図-2~8 は上述の方法に従って、各観測地点毎に年最大風速の分布を二重確率紙上にプロットしたものである。ここに、 $y = -\ln(-\ln F_m)$ であり、 U は年最大風速である。また、 n は再現期間(年)である。図から、那覇、石垣島および与那国島での風速の大きい部分を除けば、各地点とも総じて比較的良好に直線的に分布しており、二重指数分布によく適合していることが判る。図中の実線は最小二乗法によって求めた適合直線である。

2.3 年最大風速の期待値

前節で得られた適合直線から求めた再現期間 5, 10,

20, 50および100年の年最大風速の期待値を表-2に示す。那覇における再現期間50年の期待値は53.6m/sであり、石垣島および宮古島ではそれぞれ51.5m/sおよび61.0m/sとなっている。表-2よりいくつか特徴的な傾向が認められる。すなわち、中原・斉藤の研究⁸⁾にもとづけば、比較的風の強い地域である九州や四国などで、50年再現期待値が大略40m/s程度であるのに対し、沖縄県下の各島嶼では同等もしくはそれ以上のかんりの強風が推定されている。また、沖縄県のよ

表-2 年最大風速の再現期待値(m/s)

地域	沖縄諸島		大東諸島	宮古列島	八重山列島			
	那覇	久米島	南大東島	宮古島	石垣島	西表島	与那国島	
再現期間(年)	5	36.6	34.0	28.7	39.7	32.2	27.3	39.6
	10	42.1	40.0	33.1	46.7	38.5	32.0	47.9
	20	47.1	45.5	37.0	52.9	44.2	36.2	55.3
	50	53.6	52.6	42.2	61.0	51.5	41.6	64.8
	100	58.4	57.8	46.0	67.2	57.0	45.6	72.0

うに極めて広い領域に点在する島嶼からなる場合、当然のことながら強風の特性が地域毎に大いに異なる。すなわち、50年再現期待値を再び例にとれば、沖縄諸島の本島の那覇および久米島では50m/s強であり、大東諸島の南大東島ではそれより若干弱く40m/s程度である。他方、宮古列島の中心である宮古島では60m/s程度となっており、前二者に比べてかなり強くなっている。しかしながら、それに近接した八重山列島の3地点では、理由は定かでないが概ね一定の値とならず、統計年数が長く最も信頼できると考えられる石垣島で、那覇での値に近い50m/s強になっている他、西表島および与那国島でそれぞれ40m/sおよび60m/s以上とばらついている。

3. 設計用速度圧について

前章では沖縄県各地の再現風速について述べた。本章ではその結果を参考にして、設計用速度圧について若干試験的な考察を行ってみたい。

周知のように、建築基準法¹²⁾では設計用速度圧 q として、

$$q = 60\sqrt{h} \quad \dots\dots (3.1)$$

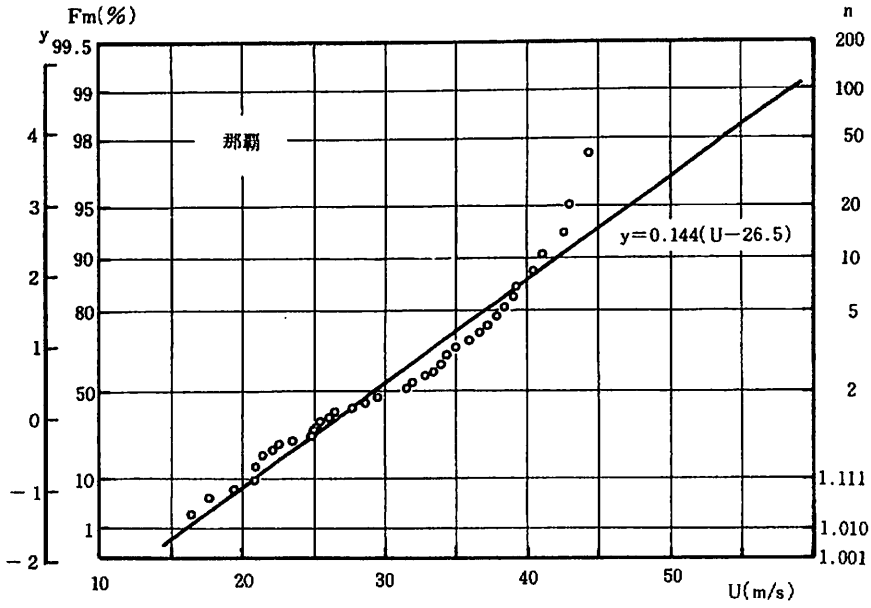


図-2 年最大風速の分布 (那覇)

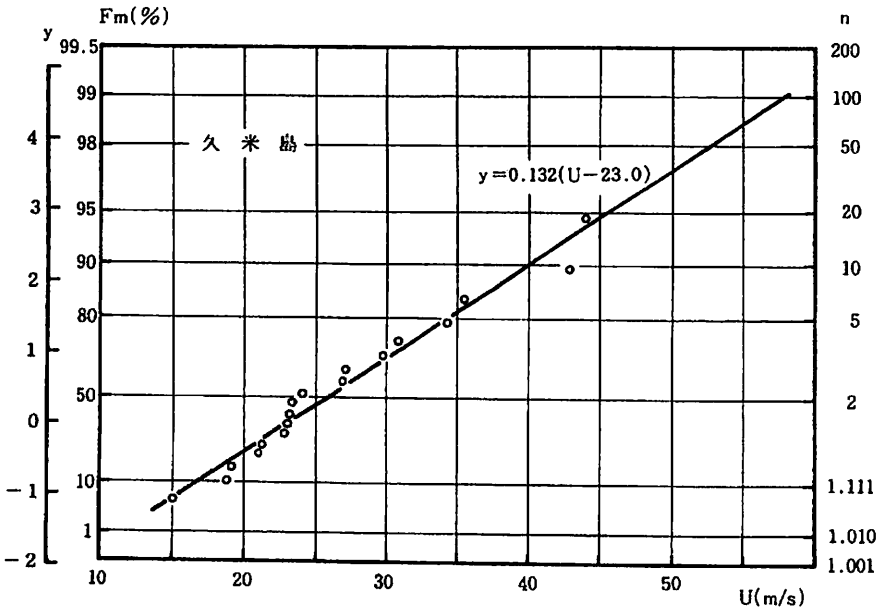


図-3 年最大風速の分布 (久米島)

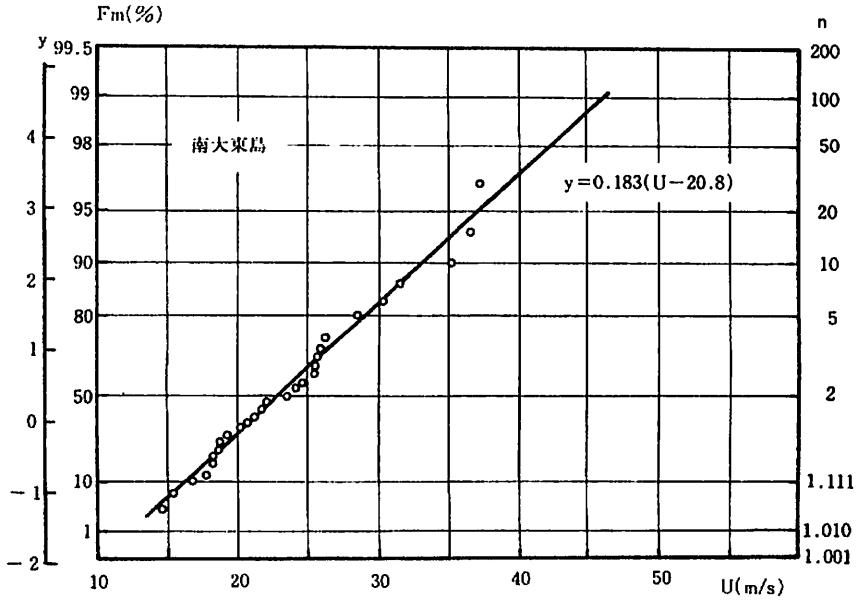


図-4 年最大風速の分布 (南大東島)

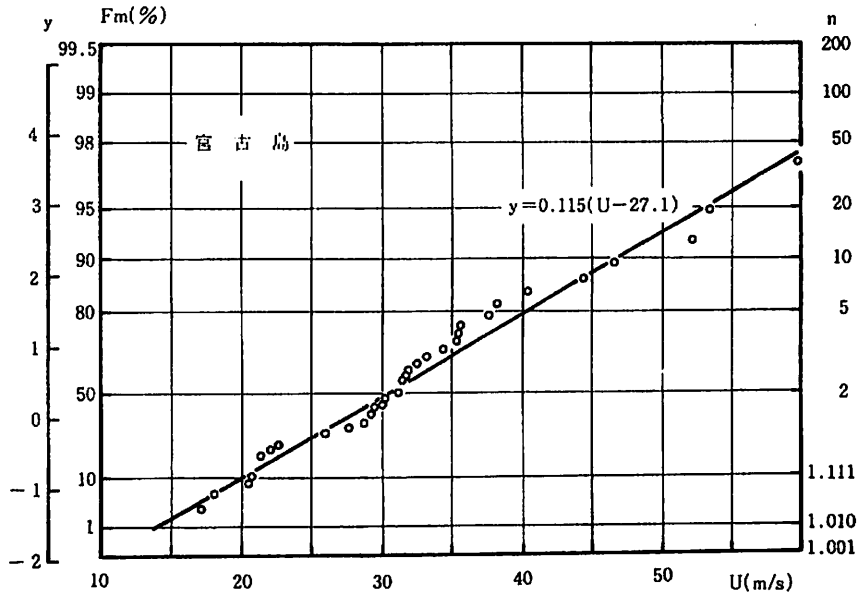


図-5 年最大風速の分布 (宮古島)

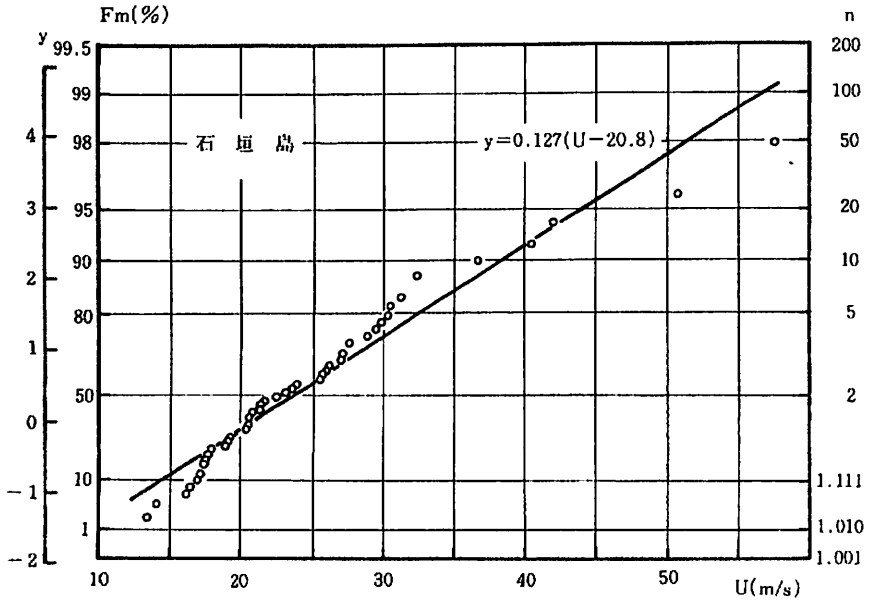


図-6 年最大風速の分布 (石垣島)

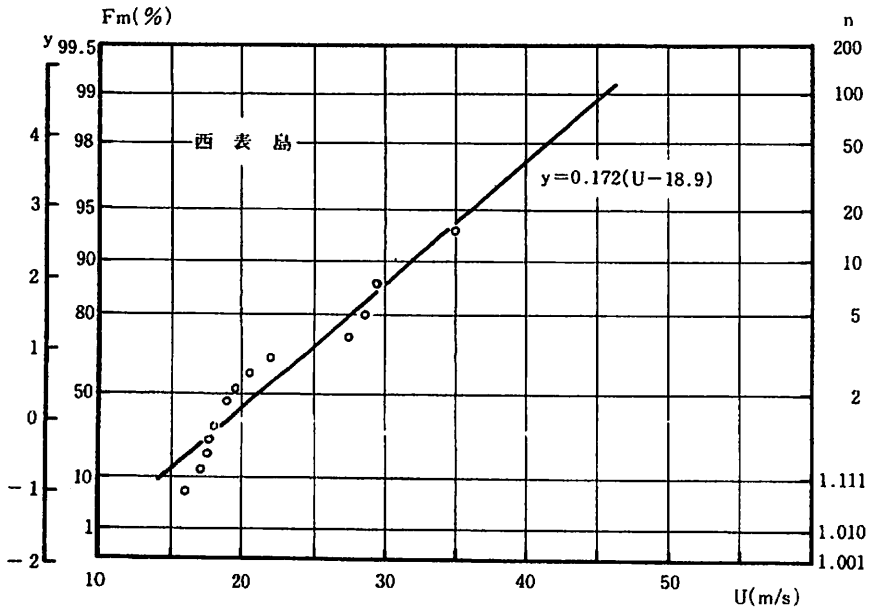


図-7 年最大風速の分布 (西表島)

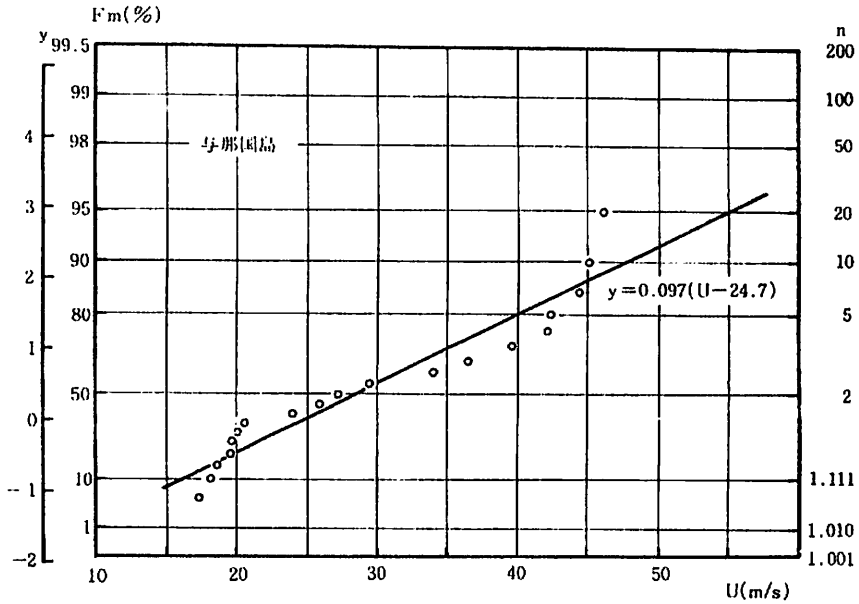


図-8 年最大風速の分布(与那国島)

が用いられている。ここに $h(m)$ は地上からの高さである。沖縄県では1で述べたようにエマ台風の記録にもとづき、(3.1)式の1.5倍の

$$q = 90\sqrt{h} \quad \dots\dots (3.2)$$

が慣用されている¹⁰⁾。

ところで、1で論じたように設計用速度圧を平均風速にもとづく平均速度圧に、風の乱れの効果の影響を示す係数を乗じて求める方法が合理的であると考えられる。そして、前者の平均速度圧に対して筆者は過去に試論的提案として、前章でふれた九州、四国地方での50年最現期待値40m/sから、平均風速の鉛直分布が指数1/8の指数則に従うものとして、

$$\bar{q} = 60\sqrt{h} \quad \dots\dots (3.3)$$

を示した⁶⁾。平均風速の鉛直分布を示すパラメータである指数の値は地表面の粗度の影響を受ける。一般に、開けた土地における基準値として上述の値を踏襲すれば、沖縄県の場合、50年の再現期待値にもとづけば、沖縄諸島および八重山列島(与那国島の場合には危険側に偏するが)に関しては、那覇での値を基準にとり、

$$\begin{aligned} \bar{q} &= \frac{1}{2} \rho U^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{8} \left\{ 53.6 \left(\frac{h}{10} \right)^{1/8} \right\}^2 \end{aligned}$$

$$\approx 100\sqrt{h} \quad (\text{kg/m}^2) \quad \dots\dots (3.4)$$

となる。同様にして、大東諸島に関しては $\bar{q} \approx 60\sqrt{h}$ 、宮古列島に関しては $\bar{q} = 130\sqrt{h}$ が求められる。

一方、風の乱れの効果を示す係数として、カナダの耐風設計規準¹⁰⁾では、建物全体に対する値については精算によらない場合は2.0を採用することになっている。この係数は風の乱れの強さを基本とし、その他種々の影響因子を考慮して決められるべきものである。しかしながら、現時点ではそれを決めるに足る十分な検討資料はなく、当面、上述のカナダ規準の値を準用するの一案であろう。

したがって、沖縄県における設計用速度圧 q としては、

$$q = C_e \cdot \bar{q} = \begin{cases} 2.0 \times 100\sqrt{h} = 200\sqrt{h} & (\text{沖縄諸島, 八重山列島}) \\ 2.0 \times 60\sqrt{h} = 120\sqrt{h} & (\text{大東諸島}) \\ 2.0 \times 130\sqrt{h} = 260\sqrt{h} & (\text{宮古列島}) \end{cases} \quad \dots\dots (3.5)$$

が得られよう。

4. 結

本研究は沖縄県内7地点の気象官署における風の観測資料をもとに、年最大風速の再現期待値について調べたものである。

その結果、以下のような結論が得られた。

- 1) 年最大風速は二重指数分布に比較的良好に適合する。
- 2) 那覇、宮古島および石垣島の年最大風速の50年再現期待値はそれぞれ53.6、61.0および51.5 m/sと推定される。

なお、上記の再現期待値にもとづき、設計用速度圧として、沖縄諸島と八重山列島、大東諸島および宮古列島のそれぞれに対し、 $200\sqrt{h}$ 、 $120\sqrt{h}$ および $260\sqrt{h}$ を提案した。

参考文献

- 1) 鋼材倶楽部編；1978年宮城県沖地震の被害調査報告——主として鋼構造を対象として——，昭和53年8月
- 2) 日本建築学会編；地震荷重と建築構造の耐震性(1976)，昭和51年12月
- 3) 藤本盛久，松下一郎，赤木久真，大熊武司，天野輝久；昭和50年台風13号による八丈島の被害調査報告，JSSC Vol.12 No.121, 1976年1月
- 4) 石崎澄雄，吉川祐三，谷池義人；台風7705号および7709号の被害について，日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)，昭和53年9月
- 5) 糸数昌丈；沖縄における台風の観測記録と被害について，文部省自然災害特別研究(昭和48, 49, 50年度)沖縄の台風災害の研究—研究成果報告書，昭和51年2月
- 6) 藤本盛久，大熊武司，天野輝久，赤木久真；鉄塔構造物の耐風性に関する研究——設計式の提案——，日本建築学会論文報告集 第279号，昭和54年5月
- 7) 沖縄気象台編；沖縄県の風に関する資料 その1，昭和52年1月
- 8) 中原満雄，斉藤鍊一；再現期間50年の年最大風速分布図について，日本建築学会論文報告集 第125号，昭和41年7月
- 9) Gumbel, E. J.; Statistics of Extremes, Columbia Univ. Press, 1958; 河田幸三他訳，極値統計学，広川書店
- 10) 藤本盛久，大熊武司，天野輝久，赤木久真，飯利昌人，短い観測資料を有する地点の強風の再現期待値の推定に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)，昭和54年9月
- 11) 岡内 功，伊藤 学，宮田利雄，耐風構造，丸善，昭和52年
- 12) 建築基準法施行令 第87条 風圧力
- 13) 大峰政一；沖縄における速度圧について，沖縄建築士 創刊号
- 14) Davenport, A. G. and Dalgliesh, W. A.; National Building Code of Canada, 1970 Supplement No. 4 Commentary No. 1 Wind Loads