

神戸商工貿易センタービルの周辺気流の特性について

石崎 潑雄・成 仁煥・吉川 祐三

ON THE CHARACTERISTICS OF WIND FLOW AT THE BASE OF THE KOBE SHOKO BOEKI CENTER BUILDING

By *Hatsuo* ISHIZAKI, *In Whan* SUNG and *Yuzo* YOSHIKAWA

Synopsis

Tall buildings often bring severe wind problems to pedestrians and other structures at the base of the buildings. The characteristics of those severe winds must be known, and one of the effective methods to estimate them is a wind tunnel test. However, the results of wind tunnel test may not be different from the real flow around full-scale buildings in detail, and full-scale measurement is necessary to solve this problem. We had performed an observation of wind flow at the base of the Kobe Shoko Boeki Center Building by installing six 3-cup anemometers and five Gill-type anemometers, and the observed results are described in this paper. The ratio between the wind speed at the ground level and the reference wind speed at the top of the building was not constant and seems to depend on the reference wind speed. The wind speed between two buildings is accelerated and the accelerated wind speed did not decrease rapidly. The gust factor of the wind speed averaged for 1 or 3 seconds is 1.5. Power spectra and intensities of the wind were also calculated.

1. は じ め に

高層建築物の周辺で局所的な強い風が吹くことは一般に知られるようになり、社会的に大きな問題となりつつある。この情勢に応じて内外の研究者がこの問題の研究を開始して次第に活発化している。この局所的な強い気流は、その建物の周辺にある他の構造物に被害をもたらしたり、周辺を歩く人や走る車の障害となったりする。その被害は平均的に強くなる風に対して問題となる場合もあり、瞬間的な突風に対して問題となる場合もある。この種の研究では当然のことながら、多くの場合建築物の建設以前に強風の程度やその領域を予測する必要があり、現場での実測よりも風洞実験の方が主流となっている。風洞実験は再現性があり、風速分布に対する風向の影響など系統的に調べられるのみならず容易におこなうことができる。しかしながら、風洞実験の結果がそのまま現場での結果と一致するかどうかについては今なお多くの疑問点がある。特に風の変動の性質に関しては資料が少ない。従って現場での観測もまたこの問題の解決のためには不可欠なものと思われる。一部の建設業者は建築物の建設前後を通じて周辺で風を測り、気流の変化に関する資料の蓄積をおこなっている。また研究者や建設業者によって既設の建物の周辺で風速を測定した例も多少はある^{1),2)}。しかし、それらの多くの場合は、風速計の台数の制約から多点での同時測定ができなかったり、計測器の性能の上から速い変動の記録ができないという理由でなかなかうまくいかないようである。われわれはこの種の問題に関する風洞実験を幾つかおこなってきたが³⁾、実在建物での観測の経験はなかった。このたび神戸商工貿易センタービルの周辺においてその機会を得たのでその結果について検討した。この高層ビルは神戸の葺合区に建つ26階建ての高さは107m、平面寸法は37m×37mである。建物周辺の敷地と平面図を Fig. 1 に示す。この建物周辺ではたびたび歩行者が歩行困難になったり、ビル1階の出入口自動ドアが風のために壊れたりしている。

2. 観測の概要

観測は建物周辺に3杯発電式風速計を6台,ギル型風速計(R. M. Young 社製)を5台配置しておこなった。各

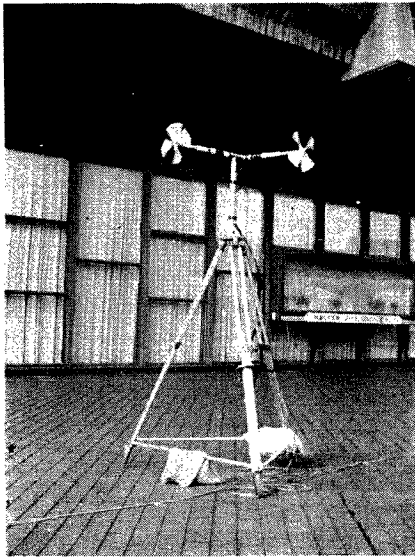


Photo. 1 Anemometers installed on a tripod.

風速計は地上よりの高さが2 mの位置で設置できるように3脚の上に固定した(Photo. 1)。各風速計の配置はFig. 1に示されており、図中では3杯風速計,ギル型風速計を3-cup, Gill と表現している。ギル型風速計の1, 2, 3, 及び4, 5はそれぞれ同一地点で直交する成分を測定できるように設置した。各風速計の電圧出力は平行ビニール線で現場近くに停めた観測用ワゴンまで導き,データ・レコーダ(TEAC 社製 R-271)で磁気テープに記録した。それ以外にこのビルのペントハウスの上に建っているポールにプロベラ式風向風速計を設置しており,基準の風速はこれに従っている。

観測は1974年6月17日におこなった。測器を常時設置して強風時に記録を採取することが望ましいが,設置場所が一般の通路であるために管理上そうすることは難しく,特定な日に朝から設置してその日のうちにすべて撤収する方法をとった。観測日の屋上での風向風速の記録をFig. 2に示す。この記録からわかるように夕方近くに風が強くなっ

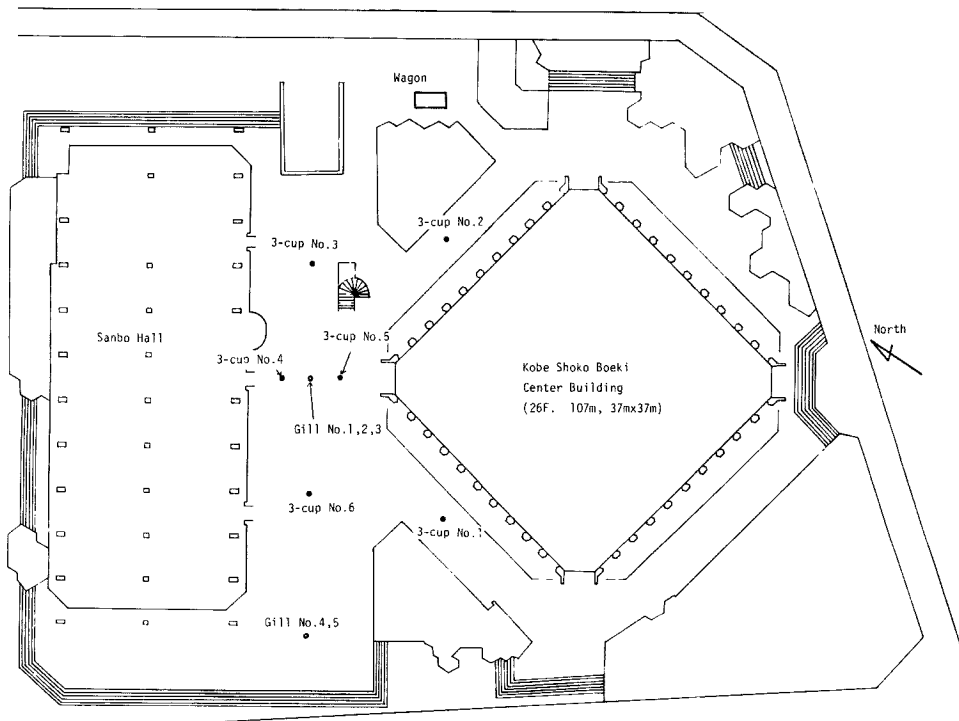


Fig. 1 Site plan around the Kobe Shoko Boeki Center Building and arrangements of anemometers.

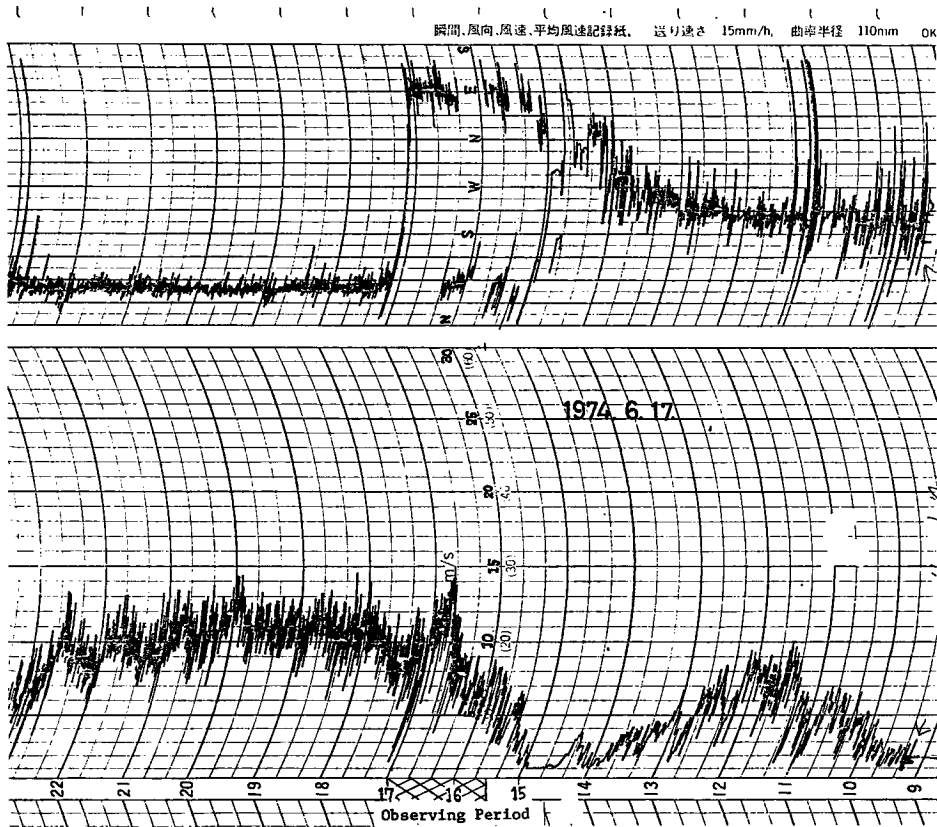


Fig. 2 Time changes of wind speed and wind direction above the top of the building (1974, 6, 17).

た。今回の記録はその期間のもので風向は観測中はほぼ東であった。

記録の解析は、A-D 変換器 (TEAC 社製 DP-300) で磁気テープのアナログ信号をデジタル化した後、計算はミニコンピューター (日本ミニコン社製 NOVA MODEL 01) でおこなった。

3. 観測結果と考察

60分間の連続記録から5分間隔で1分間の平均風速を求めて、1分間の平均風速の時間変化を示したのが Fig. 3 である。この図において、風速の値は2つのグループに分けて考えられそうである。すなわち、3杯-1と3杯-3の位置での風速と他の位置での風速とに分けられる。3杯-1、3の位置の風速は屋上での風速が増大するとともに増大しているが、他の点では単純に比例していない。このことをより明確にするために、屋上での風速で各点での風速を割った比で示したのが Fig. 4 である。3杯-1、3の位置での風速比の値はほぼ0.4であるが、他の測定位置では屋上での風速が7 m/s 以下である場合は0.8から1.0であるのに対し、7 m/s を超えた場合には0.5から0.6の間まで減少する。風向はこの観測中東であり不変であったことから、この風速の比は風速の変化により変ったようである。この傾向の原因については、風速のプロファイルの変化による流れのパターンの変化によるとも考えられるが明瞭でない。

Fig. 1 でもわかるように、このビルの隣にはサンボーホールという低層の建物があり、経験的にその間で風が強いことを知っていた。そこでこれらの建物の間の風に対してほぼ一直線上にならんだ3杯-3、ギルー1、3杯-4、5、3杯-6、ギルー4の風速の値を、3杯-3の値を1として比で表わすと Fig. 5 のようにな

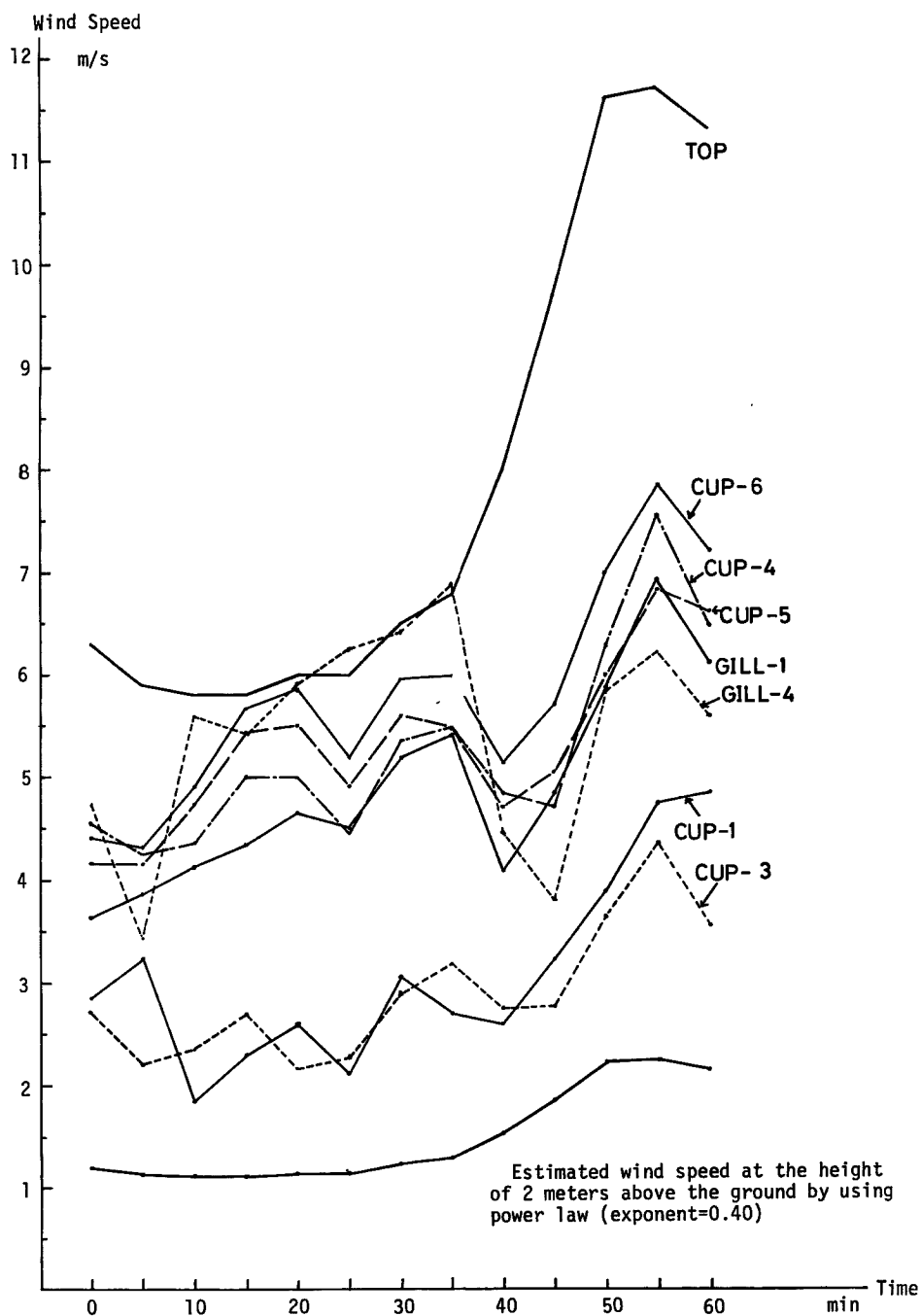


Fig. 3 Variations of averaged wind speeds around the building.

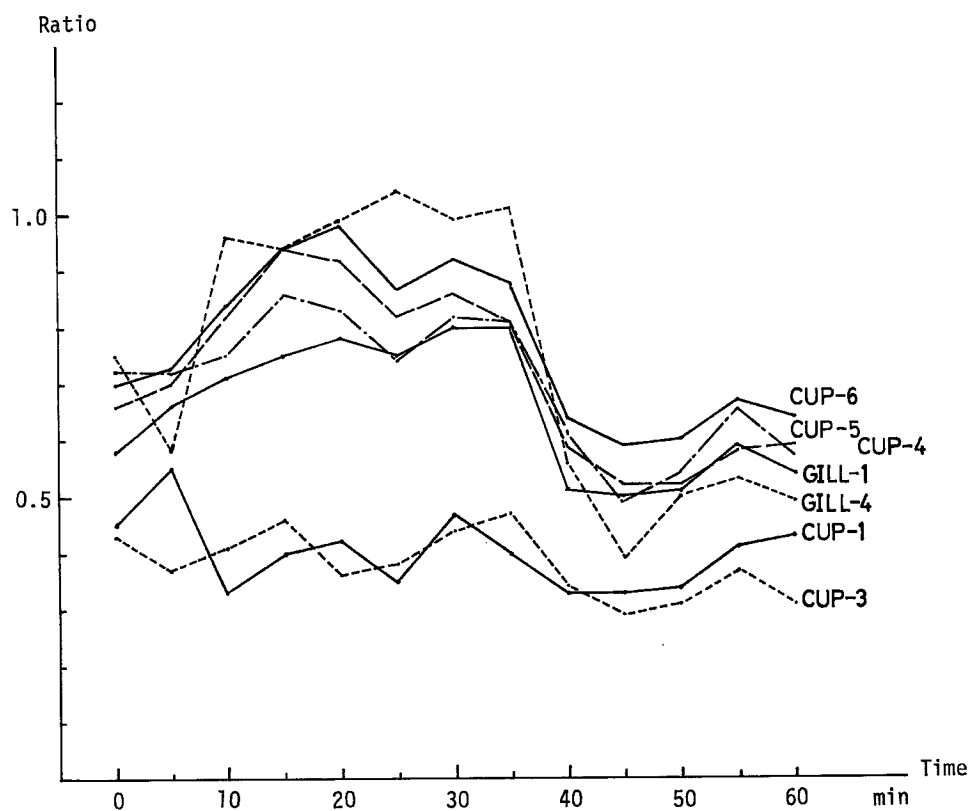


Fig. 4 Variations of wind speed ratios for the wind speed at the top of the building.

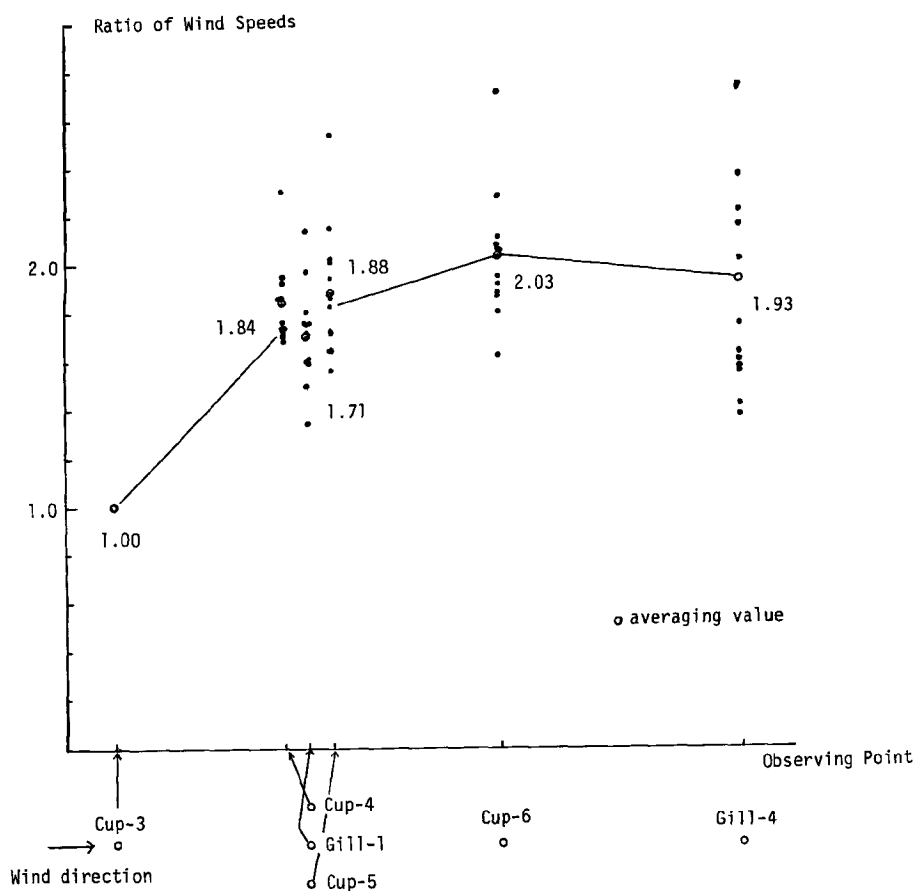


Fig. 5 Wind speed changes between two buildings.

る。ばらつきは大きいが建物の間で風速が増大していることがわかる。しかも最も間隔のせまくなった場所より少し風下側の3杯-6の位置で風速が大きくなるようである。また速くなった風速は急には遅くならずギル-4の位置でも相当に大きい。Fig. 5に示すようにこの比率の平均値は、ギル-1点で1.71、3杯-6では2.03、ギル-4点では1.93であった。

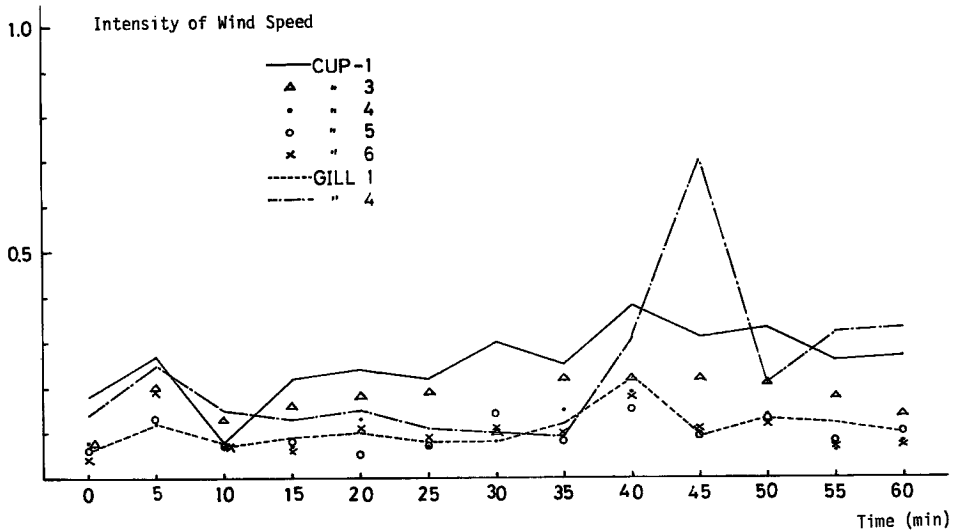


Fig. 6 Variations of intensities of turbulences.

次に一分間の記録から毎秒1個読み取って求めた乱れの強さの値が Fig. 6 に示してある。この場合も平均風速と同様1時間の変化を示している。乱れ強さの大きさは多くの測定点では0.1前後で小さいが、3杯-1の場合は0.2から0.4の間で大きい。また3杯-3の場合は0.2の前後でやはり大きい。またギル-4の場合は、測定期間中の一部で極端に大きくなり0.7までにもなる。ギル-4の位置は、建物の間を吹いてきた風とその風路と直交する道路に沿って吹きぬける風とが入り混じる場所であり、時折大きな乱れの成分を含むようである。

次にギル型風速計で計測した記録は、十分に速い変動まで捉えていることが期待できるので、突風率とパワースペクトルを計算した。突風率の計算結果は Fig. 7 である。一般の定義に従って10分間の平均値に対して評価時間を短くしていった場合の風速の最大値の比を突風率としている。おのおの場合で、60秒の評価時間に対しては1.1と1.2の間であり、1秒から3秒の評価時間に対しては1.5前後であった。次に自己相関係数とパワースペクトルの計算結果を Fig. 8, 9 に示してある。自己相関係数の時間遅れによる減少の度合いは

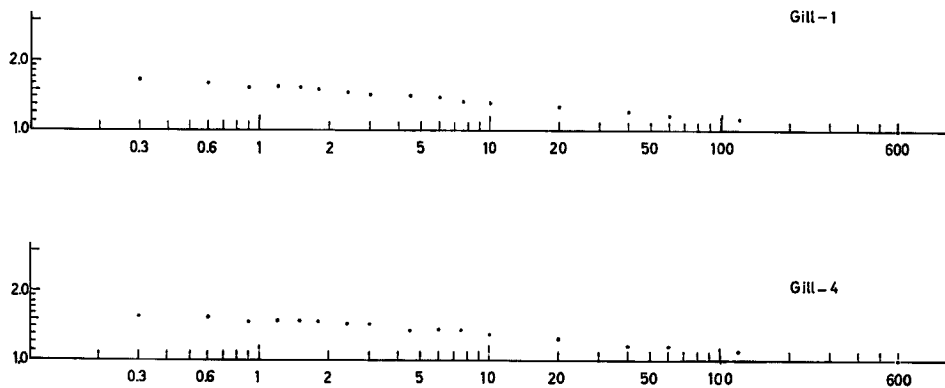


Fig. 7 Gust factors of wind speeds recorded by Gill-type anemometers No. 1 and 4.

ギル-1の方が速い。0.5の値になったのはギル-1では1秒以前であるが、ギル-4では3.5秒あたりである。スペクトルにも差はあらわれ、ギル-1では0.6 Hz, 0.8 Hz, 1.5 Hz あたりにピークがでてくるが、ギル-4ではそんなスペクトルピークはなく高周波数側にいくに従ってエネルギーが減少する形である。

風向変動によるスペクトルピークの疑いもあったので、ギル-1の測定点で水平方向にギル-1と直交しているギル-2に対してもスペクトルを求めたが、これにはピークはなくギル-1にあるピークは風速変動によるものと思われる。1秒や2秒の周期の風速変動は人間にとって突風として感じられる範囲であるから、歩行者にとって障害となるであろうと思われる。

次にギル-1とギル-4の相互相関係数を求めると Fig. 10 のようになる。この図において $U_1(t)$ はギル-1の風速で $U_2(t)$ はギル-4の風速である。相関の最も高くなる遅れの時間はそれほど明確でないが、5秒から10秒の間で0.5近くの値を示している。この時のギル-1、ギル-4での平均風速で二測点間の距離を割った時間が τ_1 , τ_2 で示されており、その遅れの時間と相関が最大になる時間遅れがほぼ一致する。このことからギル-1での流れがそのまま風下側に流されていくと考えられる。

最後にギル-2、ギル-3、ギル-5の測定結果を Fig. 11 に示す。ギル-2では風向は逆転してい

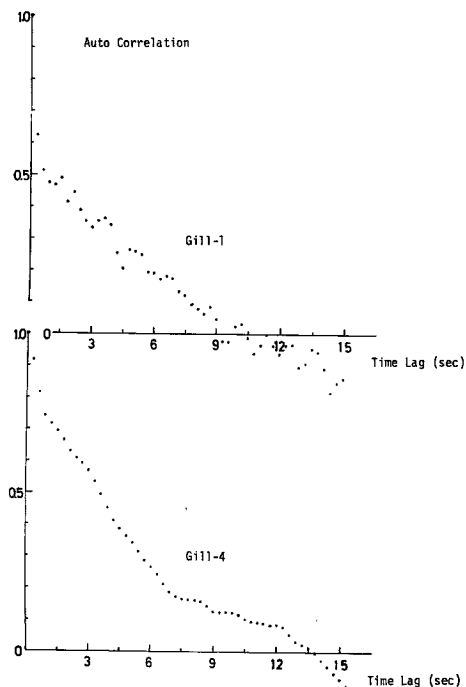


Fig. 8 Autocorrelation coefficients of wind speeds.

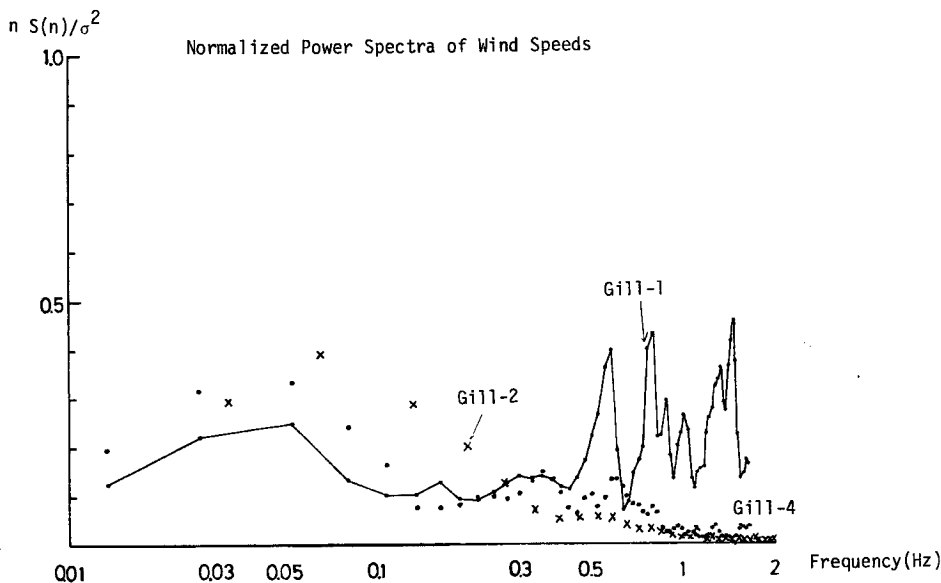


Fig. 9 Power spectra of wind speeds.

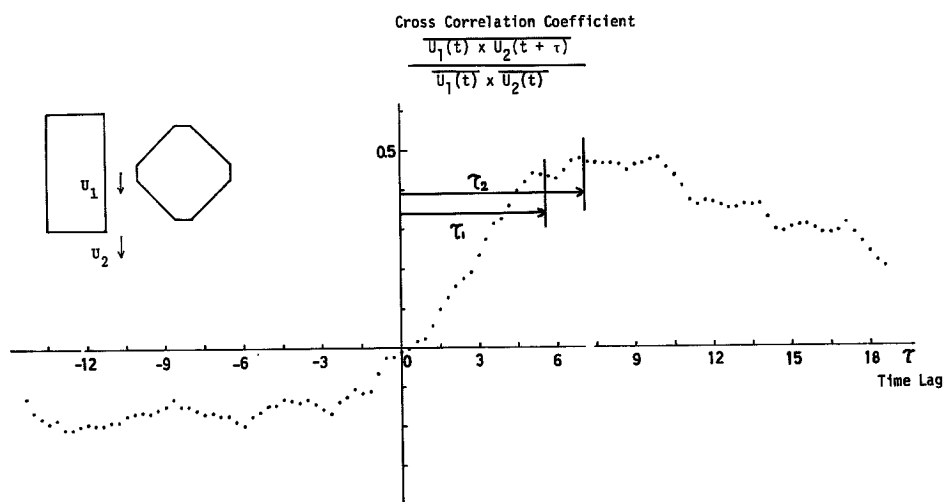


Fig. 10 Crosscorrelation coefficients between wind speeds recorded by Gill-type anemometers No. 1 and 4.

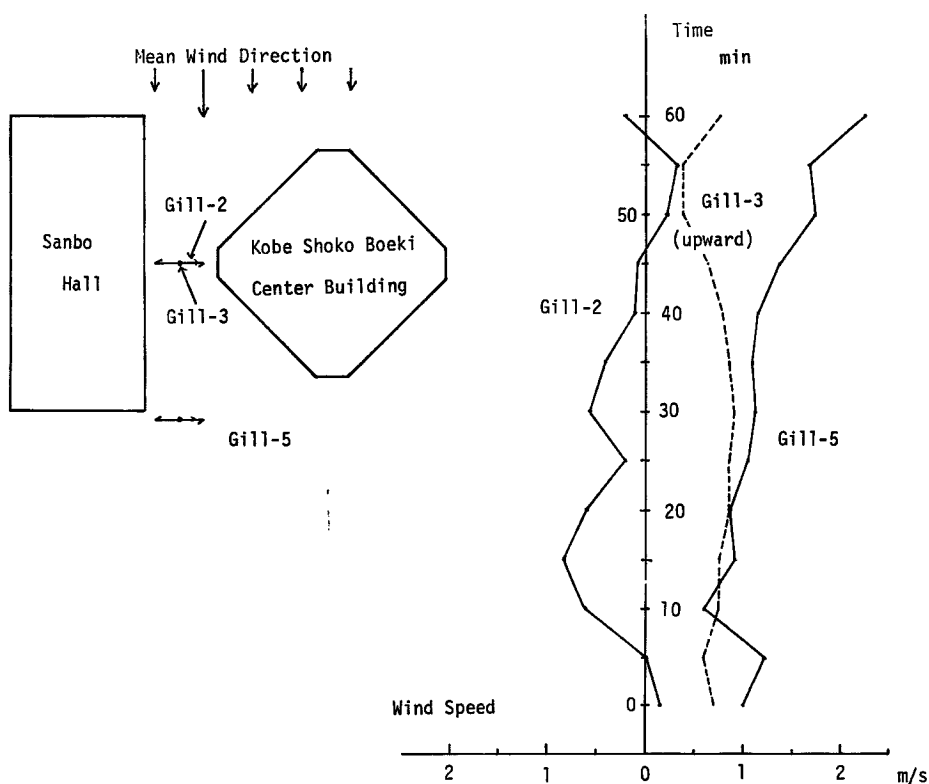


Fig. 11 Lateral and vertical components of wind speeds.

ることもあるが、貿易センタービルからサンボーホールの方にむいている場合が多かった。ギル5の場合は、周辺道路に沿って吹く風の影響を受けて相当大的な値を示している。またギル3では平均的には上向きの風が吹いていることがわかった。以上観測の結果を記した。

この種の問題を考えるときの強風の評価は慎重に定めなければならない。周辺の構造物が多大の被害を受けるとか歩行者が吹き飛ばされるというような影響を与える強風と、ある程度許容できるがその頻度が増すと周辺の構造物に若干の被害を与えたり周辺の住民の生活にとってはなほだ不快であるという強風に対しては、おのずから評価および対策を変える必要があると思う。特に後者に対しては周辺の住民の感情的な尺度がはいてくるために、どのあたりで“危険な風”とみなすかは難しいと思われる。最終的には高層建物周辺の強風の程度と範囲が決まり、ある程度の強風に対してどんな影響がでるかの対応をつけることがこの問題の解決につながると思われる。高層建物の周辺の強風域の決定に対しては風洞実験を中心にすでに試みられている⁵⁾。また風の強さとその影響の因果関係についても、風力階級の延長としてまとめている研究もある⁶⁾。人が風で吹き飛ばされたりする被害は予期しなかった突風に対して起こることがほとんどであろうから、人間の風に対する応答の速さなどもからんで突風に対する影響の規準をつくることは多少難しくなると思われる。

4. む す び

今回の観測結果をまとめると以下ようになる。建物の頂上と建物周辺の風速の比を求めると、3杯-1, 2, 3を除く多くの点での値は頂上での風速が7 m/s以下である場合には0.8から1.0であるのに対して、7 m/sから12 m/s (今回の最大風速) までの場合には0.6程度であり風速によって風速比が変る傾向がみられた。さらにこれらの点の風速を3杯-1, 3での風速と較べると、頂上での風速が7 m/s以上の場合には1.4~1.8倍になる。神戸商工貿易センタービルとサンボーホールの間及びその風下側での風すなわち収束された後の風は他の地点での風速と性質が異なり、平均値は大きくなるが乱れの強さは小さくなる傾向があった。また最も間隔のせまくなる場所より、風下側の方が風速は大きかった。次に10分間の平均風速に対する突風率は評価時間が1秒から3秒の間では1.5前後になった。また建物の間の風でも最も間隔のせまい場所の風には0.6 Hz, 0.8 Hz, 1.5 Hz あたりにスペクトルピークが出たが、他の場所では無かった。以上のような結果がこのビルの周辺気流の特性として得られた。この観測の後、風向のちがう場合の観測をおこなっており今後その解析をする予定である。

謝 辞

この観測計画は神戸市役所住宅局建築部及び神戸商工貿易センタービル管理課の賛同と協力を得たものである。また観測の補助をおこなった京都大学防災研究所藤谷徳之助助手 (現在気象研究所勤務)、羽野淳介、杉政和光両技官、及び大学院生の森正雄、山内宏の両君、工学部学生の中川正弘君に謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 相馬清二・堤敬一郎・江口博・常岡好枝・荒川秀俊：霞ヶ関超高層ビル周辺の風の特性、構造物の耐風性に関する第1回シンポジウム論文集, 1970, pp. 49—56.
- 2) Shiotani, M. and Y. Iwatani : The Study of Wind Flow at the Base of Buildings, US-Japan Research Seminar on Wind Effects on Structures, 1974.
- 3) Ishizaki, H. and I.W. Sung : Influence of Adjacent Buildings to Wind, Proceedings of the 3rd International Conference of Wind Effects on Buildings and Structures, 1971.
- 4) 光田寧・蒲生稔・吉川祐三・藤谷徳之助：プロペラ型風速計の斜風に対する特性について、京都大学防災研究所年報, 第15号 B, 1972, pp. 255—264.
- 5) 亀井勇・丸田栄蔵：高層建築物周辺の増加域に関する風洞実験、構造物の耐風性に関する第3回シンポジウム論文集, 1974, pp. 115—122.
- 6) Penwarden, A. D. : Acceptable Wind Speeds in Towns, Building Science, Vol. 8, 1973, pp. 259—267.