

1. まえがき わが国は周囲を海に囲まれ、冷却水として海水を豊富に利用することができた。海湾に適切に放出する方式の方が、湿式冷却塔に比し、一般的には環境に与える影響は少い。しかし、特殊な立地条件下、ある種の生物には温排水が好ましくない影響を与える場合があり、また、将来、石炭、地熱エネルギーの見直しにより自然通風冷却方式の必要性も予想される。冷却塔は受風面積の大きな構造物であり、わが国は毎年台風の来襲を受けるなど強風にさらされる頻度が高いため、自然通風冷却塔の建設に当っては強風下での挙動の解明が構造上の安全性を検討する上で重要である。風荷重により塔体に発生する応力は、静的成分と動的成分は同程度で、塔体が大形化するにつれ動的成分の比重が増加する。塔体に作用する平均風圧分布については数多くの報告がなされているが、変動風圧については実験例、実測例とも少い。ところで、構造物に作用する風圧分布を風洞実験により求める場合、地上付近の自然風を適切に相似することが必要である。非常に平坦な場所を吹いてきた風は一樣流に近いが、粗度のある地上を吹いてきた風は一樣流とかなりかけはなれている。ここでは、日本大学理工学部研究所大型低速風洞において、まず地上風の相似を試み、その後、冷却塔模型に作用する平均、変動風圧を測定した結果をのべる。なお、実験に当っては、日本大学、田治見研究室、色部研究室、風洞実験室より、なみなみなうめ御指導、御援助をいただきました。

2. 地上風の相似

地上付近の平均風速は、高さのべき乗であらわされる。比較的樹木の多い地点を想定すると、指数 n は、 $1/4 \sim 1/5$ となる。5種類の渦発生装置を測定部入口に設置し、床面には3種類の粗度を置き、結果を比較した。比較的平均風速分布がよい結果を得たのは2種(C型、E型)の渦発生装置であり、以下その2種についてのべる。

1) 平均風速分布と乱れの強さ

C型、E型とも平均風速分布は良好な結果を得た。乱れの強さは、E型は、自然風に比し、高さの増大に伴い、減少が速すぎる。(図-3, 4)

2) 空間相関

平均流方向の乱れ成分の、平均流方向、高さ方向、水平方向の空間相関を測定した。C型の結果は、乱れのスケールは自然風の $1/800 \sim 1/1000$ であり、E型の結果では、スケールはC型より小さい。

3) パワースペクトラム

C型の結果は、宮田らの実験式と、粉状はば一致する。(図-5) E型の結果は、高周波成分が大きく、実験式と一致しない。

以上の結果から、今回の風圧測定実験には、C型を採用した。

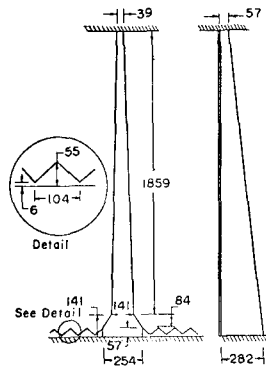


図-1 C型渦発生装置

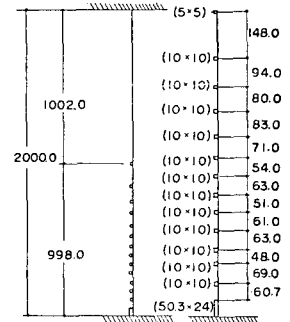


図-2 E型渦発生装置

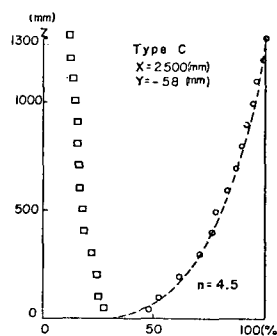


図-3 平均風速分布と乱れの強さ(C型)

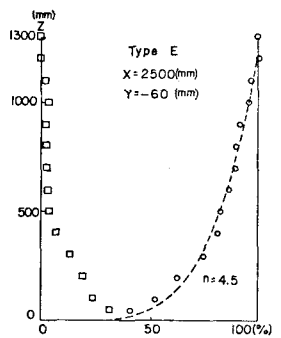


図-4 平均風速分布と乱れの強さ(E型)

3. 冷却塔風圧分布

計測の容易さから、 $\frac{1}{500}$ 模型 (図-6, 7, 8) で、平均、変動風圧分布を測定した。風は一樣流とし、C型渦発生装置による剪断流の2種、冷却塔模型は、表面粗度の変化としては、表面が滑らかな場合と円周方向 75° 毎に直径 0.1mm の糸を母線方向に添付した場合の2種、形状の変化としては、脚部周辺に冷却部があるもの、ないもの、頂部に補剛リングのあるものとなし、計4種について実験した。風圧は、容量 10kg/cm^3 の導入型風圧計を用いた。周波数応答特性は、 100Hz までフラットであることをたしかめた。風速は、床面から 1300mm の点で 20m/s である。

1) 平均風圧分布

剪断流中では、高さにより風圧に大きな差がある。(図-9) 一樣流中では塔頂付近とごく下方を除き高さによる変化は少ない。Niemann³⁾の実測値、および推定値と比較したが、ほぼ一致している。(図-10)

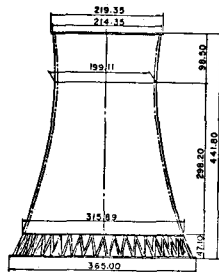


図-6 冷却塔模型

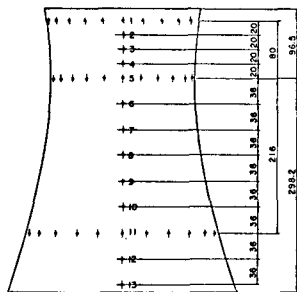


図-7 測点

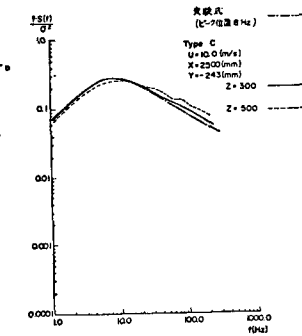


図-5 風速パワースペクトラム

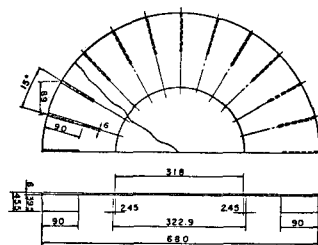


図-8 冷却部

2) 風圧の相互相関

母線方向の相関は、風上側、剥離後に大きく、最大負圧の生じる風上側より $75^\circ, 90^\circ$ 付近で小さい。円周方向の相関は、剥離点前後で激減し、剥離点前後で乱れの性質の異なることを示している。

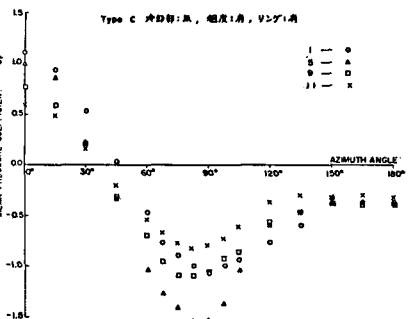


図-9 平均風圧分布(剪断流)

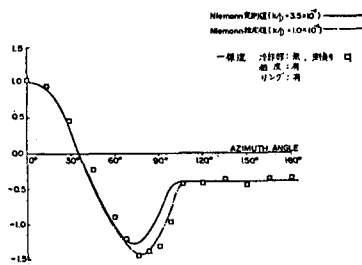


図-10 平均風圧分布(一樣流)

3) パワースペクトラム

剪断流中では、剥離前はほぼ形状が等しく、高周波域で周波数の $1/3$ 乗に比例している。(図-11)

母線方向では形状の変化は小さい。一樣流中ではスペクトルは剪断流と著しく異なる。粗度のない場合、カルマン渦による変動成分が影響である。

変動成分は、上流の乱れの影響を強くうけるから、今後、種々の乱れ特性を持つ風の中で測定する必要がある。

参考文献

1) S.A. Peterka (他), Tech. Rep. CER 73-74 JAP-JEC 32, C.S.U., U.S.A.

2) 宮田利雄 (他), 土木学会第30回年次学術講演会概要集 I

3) H.J. Niemann, Proc. Third International Conference on Wind Effect on Buildings and Structures, Tokyo, Japan, 1991

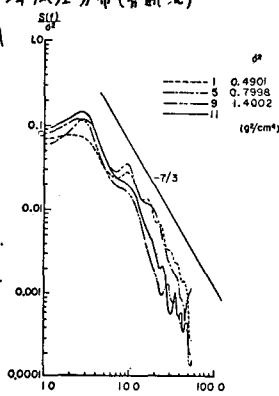


図-11 風圧パワースペクトラム (剪断流, $\theta=75^\circ$)

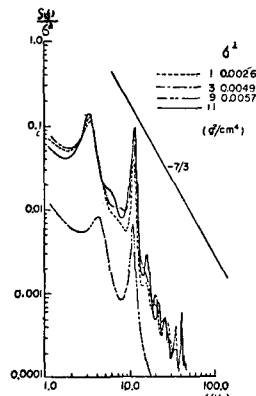


図-12 風圧パワースペクトラム (一樣流, $\theta=45^\circ$)