

横河橋梁	正員	飯田 勝
"	正員	原田康夫
"		上岡正明

1. 概 要

ここでいう冷却塔とは、火力、原子力発電所から排出される温排水を冷却し、循環再使用するための大型自然通風式冷却塔のことで、外観は図-1のように双曲回転形をしており、一般に多くの斜柱で支持されたRCシェル構造となっている。欧米で実績の多いこの冷却塔は高さが100~120m、シェル厚は13~18cmで、規模としてはわが国の超高層ビルに匹敵するが、さらに巨大化する傾向にありアメリカで高さ160mの塔が建設されている。本文はわが国での冷却塔の荷重条件を構造特性との関連において考察し、主に応力上の問題点から冷却塔鋼製化の可能性を検討し、その試設計の例を述べる。

2. 荷重条件と構造特性

冷却塔に働く荷重の主なものは風圧、地震および自重である。とくに表面に沿った風圧分布が断面力と密接に関わるので、その特殊性を考慮した風圧の評価が必要である。わが国ではこの種の規準はなく立川¹⁾の試案が唯一のものである。筆者らも基本的にこの試案に従った上で適用範囲を単独塔に限ってまとめ試設計に用いた。図-2に円周回りの風圧分布の平均値と変動成分の概略を示した。平均風圧分布形は欧米でも各国で規準が異なり、設計断面力に著しい違いを生じている。これは設計上重要な経線引張力の影響線が平均風圧分布形に類似しているためである。一般にはどの部で求めた平均風圧分布形をもって代表させているが厳密には高さによる変化の影響を配慮する必要がある。図-3のように塔頂で基準風圧をとり高さ方向の風圧分布指数を変えてみると断面力は図-4、5のように変化する。風圧の円周回りおよび高さ方向の分布形と断面力の関係から立川は高さによる風圧分布指数を風速分布指数に等しくする提案をしており、筆者らもこれに従った。このような風圧で設計すれば、アメリカでの設計例²⁾に比べてシェル厚、鉄筋量ともに2倍となって極めて大重量のものとなる。地震は欧米では重要でないが、建築基準法による水平震度を作用させるとせん断応力は100m前後の塔で短期荷重に対するコンクリートの許容応力に達する。シェルに生じる断面力はシェル厚に比例し、塔の高さとともに増大するので風圧に対するシェル厚の要求と地震への対策は互いに相反する。鋼製冷却塔の構造は、プレテンションを与えたケーブルネット型式や骨組の多角柱型式などが考えられる。後者の型式では円周回りの風圧分布形が明らかでない不安があるが、不利な分布形を適用して安全性に余裕をもたせれば設計、製作、施工全般で前者の型式より簡便である。

3. 試設計

図-6の鉄骨構造を対象に試設計を行った。塔の形状は $(r/25)^2 - (Z/63)^2 = 1$ の双曲回転形で、高さ117m、基部直径93.1mである。風圧は文献1)の方法で与え $C_{p\max} = 1.0$, $C_{p\min} = -1.2$, $C_{pb} = -0.4$, 内部負圧係数 $C_{pi} = -0.4$ $\phi_1 = 35^\circ$, $\phi_2 = 70^\circ$, $\phi_3 = 96^\circ$, $C_{p\text{rms}} = 0.15$, $\phi_{\text{rms}} = 90^\circ$, $\phi_r = \pm 30^\circ$ とした。図-7は風圧による塔の変形を示したもので塔頂で最大変位19cmが生じている。震度は建築基準法によって定めた。部材の単材重量は最大7t程度となった。壁材には耐候性鋼板、ALC、ケーブルネットとアルミ板の組合せなどが考えられる。動的問題、座屈問題、耐蝕性、施工法などが今後の検討課題として残されたが、試設計を通して冷却塔鋼製化への一応の根拠が得られたと考える。

1) 立川：クーリングタワーの風荷重，鹿児島大学工学部研究報告第17号別刷，昭和50年9月

2) G. Gurfinkel, A. Walser: Analysis and Design of Hyperbolic Cooling Towers, Jour. of the Power Div. ASCE PO1, Jan. 1972

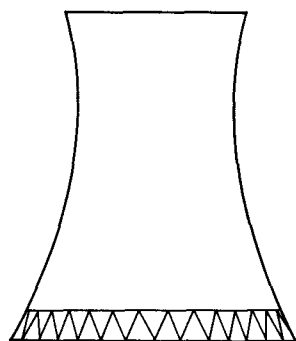


図-1 冷却塔の外観

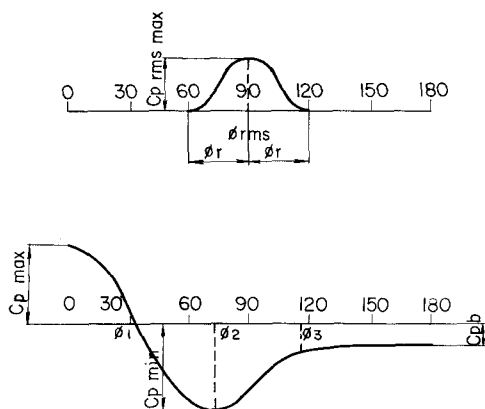
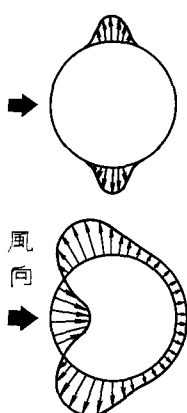


図-2 円周回り平均風圧分布および変動風圧分布

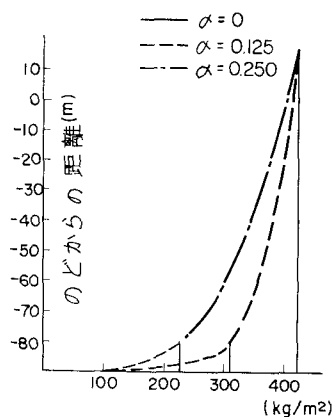


図-3 高さ方向風圧分布

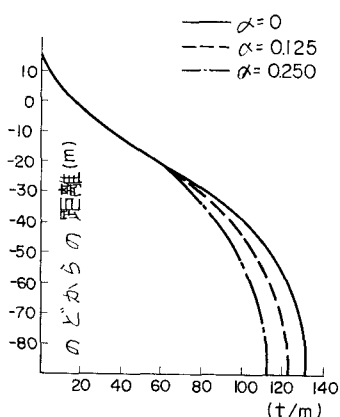


図-4 風荷重による経線力
($\theta=0^\circ$)

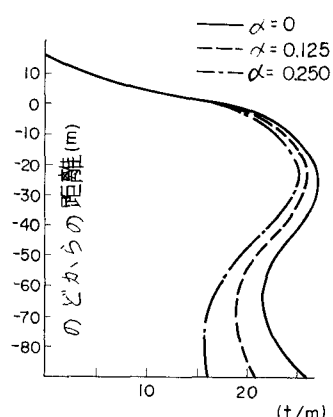


図-5 風荷重によるせん断力
($\theta=30^\circ$)

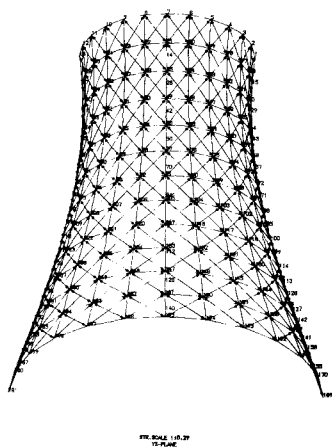


図-6 構造モデル原形図

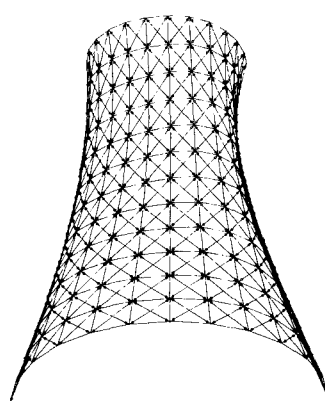


図-7 構造モデル変形図