

I-370 鋼管鉄塔模型の風洞実験

日本鉄塔工業 (株) 正会員 松永 稔
九州大学応用力学研究所 正会員 岡島 厚
杉谷賢一郎

1. まえがき 近年、送電用鋼管鉄塔は大型化し、塔高200mにも迫るものも現われつつある。これらの鉄塔に作用する風荷重は設計荷重の中でかなりの比重を占めることになる。鋼管鉄塔の場合、構成部材のRe数による風力係数の変化やまたは骨組構造物であるための各部材間の複雑な相互影響など困難な問題が多い。そこで、現在、鉄塔の等価風力係数(骨組全体としての風力係数)の算出法として、一般的に、実状に即していると思われる部材集計法の妥当性を確かめることを第1の目的とする。この手法は、骨組を構成する各部材についてそれぞれのRe数断面形状、縦横比により風上側の風圧力を決定し、その値は風圧係数をかけることにより各部材の後方部材まで含めた風圧力を求め、それらを集計した風圧力の値と等しくなるような等価風力係数を求めるものである。第2に最近の大型鉄塔を対象とした、つまり高Re数域でかつ間隔係数B/D(B:間隔, D:管径)が大きいものまぶ対象とした風洞実験例は少なく、また、実物の縮尺模型による風洞実験は高Re数を適用させることは、現在の風洞の制限上ほぼ不可能となる。ところが、中村、岡島らの研究によると円柱の表面に図-1の様な局所粗さ(バンド粗さ)を施すことによって、高Re数域の流れに近い流れを実現できることがわかってきている。そこで、今回、実物の鉄塔骨組における亜臨界域での空力特性はもとより、骨組の一部が遷移した時の空力特性を風洞実験により求めたので、ここに報告するものである。

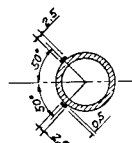


図-1 バンド粗さ

2. 実験方法 実験には、九州大学応用力学研究所の大型回流式低速風洞を使用し、一様流中に実験を行った。試験体は表-1および図-2に示すように、実物鉄塔の縮尺模型であるNo.1試験体とその開きを象

えたNo.2, No.3試験体を写真-1に示すように両側から検出板により支持した。検出板は風向に対する模型の上下対称性を考慮し、風方向曲げ断面性能を弱くし、そこに歪ゲージを貼り、その曲げ歪量として、模型全体の風圧力を求めた。測定概略図を図-3に示す。ピトー管により流速を測定し、また、熱線風速計により、主柱材後流の変動風速波形をブラウン管オシロスコープに出力し、カルマン渦の生成の変化を観た。(遷移時は生成が不安定となる) 試験風速範囲は、5 m/sec ~ 40 m/secであり、主柱材のRe数範囲は、 $2.6 \times 10^4 \sim 2.08 \times 10^5$ である。

試験体番号	No.1	No.2	No.3
総長(mm)	9700	9700	9700
縮尺	1/2.9	—	—
外形面積(m ²)	3.60	4.63	1.65
主柱材	0.302	0.302	0.300
斜材	0.209	0.248	0.154
面積	0.047	0.044	0.050
重量(g)	0.558	0.594	0.504
重量係数	0.155	0.128	0.304
主柱材径D(m)	1.250	2.380	0.760
主柱材間隔B(m)	0.075	0.075	0.075
骨組係数	23.0	30.0	10.0
備考	管径D=1.25m, B=0.075m, 管間隔=0.075m	管径D=2.38m, B=0.075m, 管間隔=0.075m	管径D=0.76m, B=0.075m, 管間隔=0.075m

表-1 試験体表

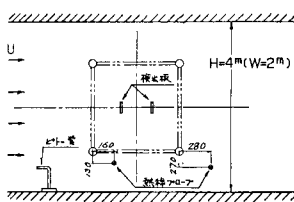


図-3 測定概略図

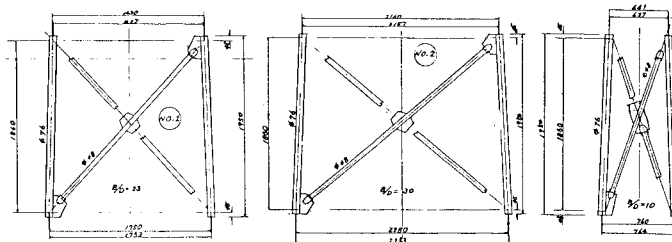


図-2 試験体

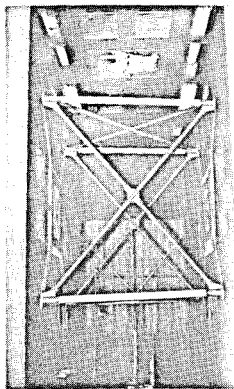


写真-1 実験状態

3. 実験結果及び考察

3. 1. 等価風力係数の算出法

各試験体

の前面支柱材にバンド粗さを付け、前面のみの場合の実験とともにフロットしたものを図-4(a), (b), (c)に示す。亜臨界域における部材集計法に用いる値およびそれによる結果の表示記号を表-2に示す。図-4(a), (b)より、 $Re \leq 1.04 \times 10^5$ の範囲では、前面支柱材の流れの場合が亜臨界域であることが前面のみの実験結果よりわかる。等価風力係数についてみると、一般的に、前面部材が亜臨界域の流れの時、等価風力係数も一定となるように思われるが、実験結果によれば、 Re 数の増大につれて等価風力係数は減少しており、明らかに Re 数の関数にもなっていることがわかる。この事実は Zdravkovich が直列2本円柱の場合に、後面柱の風力係数が Re 数と間隔係数により変化すると指摘している事に一致する。そこで Zdravkovich の直列2本円柱の論文より、対応する後面の風力係数を引用し、表-2のように仮定すると、実験値とのかかなりの一致をみることが出来る。このことは、前面部材の後流の乱れにより後面部材の遷移が促進されていることが理由として考えられる。図-4(c)では、前面のみの実験値が理論値よりも大きい値を示している。そこで前面の個々の風力係数を1.4として表-2(==)のように仮定すると、実験値とかなり合致することがわかる。ここで、前面のみの風力係数が大きくなる理由はばらつきが大きい、充実率が大きく、支柱材と斜材のなす角がかなり小さいことより、前面における部材間の相互の干渉効果も一因と見なせるように思われるが、明らかではなく、今後の研究によるところである。

3. 2. 高 Reynolds 数域

今回、極超臨界域にあつたところまで及ばなかったが、 $Re = 2.08 \times 10^5$ 程度で、支柱材はほぼ遷移していることがわかり、極超臨界域での概略の風力係数の値を想定できるようなのである。

4. おわりに

以上の風洞実験より下記のような事がわかった。

- ① 亜臨界域であっても後流の乱れにより等価風力係数は変化し、また、Zdravkovich の論文のような直列2本円柱の実験データが後流側によく適することがわかった。
- ② 考え方としての部材集計法の妥当性が明らかにされた。つまり、単材及び直列2本円柱などの特性が明らかにされれば、充実率が小さい場合の亜臨界域については、部材集計法が適用できることがわかった。しかし、充実率が大きくなる場合は、横方向の影響を考慮する必要があるように思われる。

最後に、本研究に対して、種々御指導、御助言を頂きました中村泰治教授に対し、厚く謝意を表します。また風洞実験に際しましては、柏田純夫氏に御協力を頂きました。記して謝意を表します。

参考文献

1. 中村泰治, 岡島厚「高レイノルズ数範囲における表面粗さのある円柱まわりの流れ」 九大応力研新報 第40号 別刷 昭和48年11月
2. 電気学会電気規格調査会「送電用支持物設計標準 JEC-127-1979」 電気書院 昭和55年8月
3. M.M. Zdravkovich 「REVIEW-Review of Flow Interference Between Two Circular Cylinders in Various Arrangements」

記述記号	処理方法	等価風力係数の仮定	
		前 面	後 面
-----	部材集計法	1.2 (設計値)	風圧係数 $M=3(10)$
-----	*	$\times$ (*)	-----
-----	部材集計法	1.0	風圧係数 $M=3(10)$
-----	*	*	-----
-----	部材集計法 (後流は引用)	1.0	Zdravkovich による値
----- (曲線)	部材集計法 (後流は引用)	1.4	Zdravkovich による値
----- (直線)	部材集計法	*	-----

表-2 亜臨界域における部材集計法の仮定

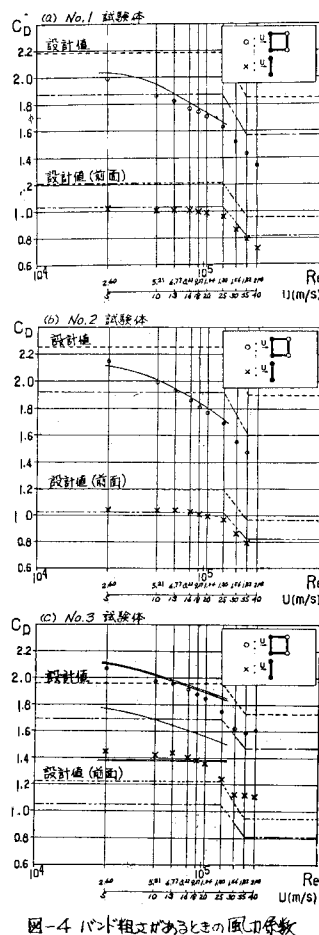


図-4 バンド粗さがあるときの風力係数