

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 中村泰治  
正会員 岡島 厚

1. まえがき 高層化する送電用鉄塔においては、強度的にも経済的にも有利な鋼管鉄塔が多く用いられ、強風時における鋼管周りの流れのレイノルズ数( $Re$ 数)は、 $10^6$ 以上にも達している。従って、鋼管鉄塔の等価風力係数の算出に当り、その $Re$ 数効果及び骨組構造物である $T$ 字の複雑な部材間の相互干渉等の問題となってきた。そこで、前報<sup>(1)</sup>では、風洞実験により、亜臨界域においても供試体の $C_D$ 値は $Re$ 数に強く依存すること、および、鉄塔のパネル毎の等価風力係数の算出法の一つである部材集計法を検討し、その手法がある程度妥当であることを示した。また、耐風設計上、特に問題となる臨界 $Re$ 数を越える流れについては、表面粗さをを用いて臨界 $Re$ 数の実質的な低下を試み、臨界域近くまでの実験を行なった。

そこで今回、更に詳しく高 $Re$ 数域について風洞実験を行ない、等価風力係数を求めると同時に、鉄塔部分模型の前面積、後面積及び両者を連結する補助材等のそれぞれの効果を調べた。そして、部材集計法を用いる際、風圧係数が $Re$ 数によって変わることを考慮して區別二本円柱の実験値を導入した。更に、複雑な骨組についても同様に亜臨界域のみではあるが、風洞実験により各部材の効果を調べた。

2. 実験方法 実験は、高さ4m、幅2m、長さ6mの測定部を持つ低速回流式風洞にて行なった。供試体としては、主柱材が高 $Re$ 数を実現できるB-1模型と、複雑な骨組でB/幅が大きいB-2模型を使用した。これらの骨組図を図1に示し、模型パネル特性を表1に示す。B-1模型の実験風速範囲は5~43%secとし、主柱材の最高 $Re$ 数は $4.4 \times 10^5$ となり超臨界域までの実験を行なった。さらに、超臨界域を実現する為には、図2に示す様なバンド粗さを付けた実験も行なった。供試体の設置方法は図3に示す如く前報と同様であるのでここでは説明を省略する。写真1, 2には各模型の実験状態を示す。等価風力係数の算出に当り、今回の模型による閉塞率は11.7%(B-1)、7.8%(B-2)とかなり大きい値となったので、AllenとVincentiの方法により $C_D$ の補正を行なった。

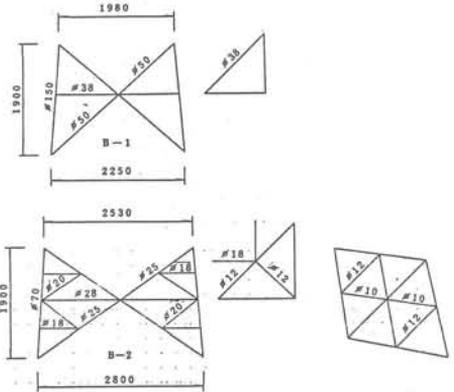


図1 骨組縮尺模型

表1 骨組模型パネル特性

結構種別	B-1		B-2	
	ブライヒ	ブライヒ	ブライヒ	ブライヒ
縮尺	1/3	1/11		
外形面積 (m <sup>2</sup> )	4.3035	5.0635		
円管	主柱材	0.5730	0.2674	
管	腹材その他	0.3051	0.3086	
ガセットプレート	0.0564	0.0484		
計	0.9345	0.6244		
充塞率: $\alpha$	0.217	0.123		
塔体幅: B/H	2.250	2.800		
主柱材外径: D/H	0.150	0.070		
閉塞係数: B/D	1.50	4.00		

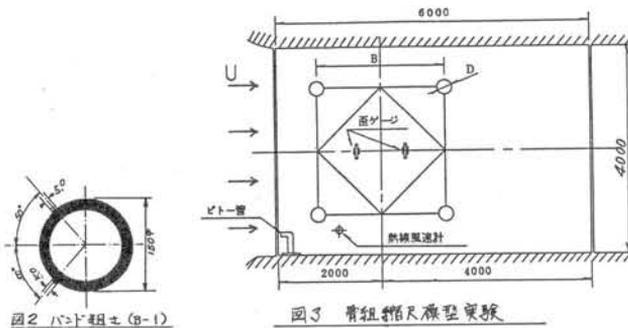


図2 バンド粗さ(B-1)

図3 骨組縮尺模型実験

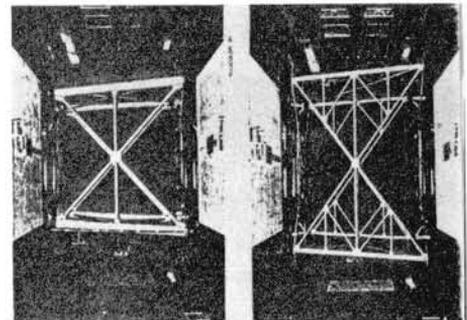


写真1 B-1実験状態

写真2 B-2実験状態

3. 実験結果及び考察

図4, 5には, B-1 模型による実験結果として, 上段に  $C_D$  の変化, 下段に  $S_D$  の変化を示している。図6には, B-2 模型の  $C_D$  の実験結果を示している。ここで, 全体模型による実験結果を (○) 印, 前面部材のみによる結果を (●) 印, 連絡材を取り除いた場合を (△) 印にてプロットしている。また, 図5においては, 後面主柱材にもバンド粗さを付けた場合を (□) 印にてプロットしている。

3.1 亜臨界域-超臨界域 図4には, 主柱材表面が滑らかな場合を示し, 前面材のみの  $C_D$  の変化および  $S_D$  の変化より,  $Re = 3.5 \times 10^5$  程度において, 主柱材まわりの流れは, 超臨界域へ遷移していることがわかる。ここで, 亜臨界域についてみると, 前報同様, 下流側部材の  $Re$  数効果が現われており, Cooper の実験値<sup>(2)</sup> を参照して得た算定値(実線)とはほぼ一致している。また (○) と (△) の比較より, 連絡材の効果はほとんど現われていないことがわかる。次に, 超臨界域についても, 直列2本円柱の実験値<sup>(3)</sup> を参照して, 前面部, 後面部主柱材の  $C_D$  値をそれぞれ 0.35 及び 0.4 として部材集計法により算定した値についても同様に実線で示した。ここでも算定値と実験値はほぼ一致しており, 部材集計法の妥当性がうかがえる。

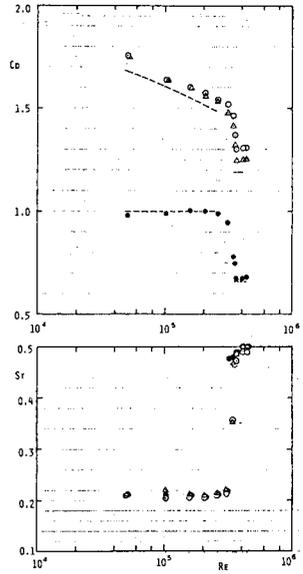


図4 B-1 滑面実験結果 (表面は滑らか)

3.2 亜臨界域-極超臨界域 図5には, B-1 模型の主柱材にバンド粗さを付けた結果を示しており, 前面材のみの  $C_D$  の変化および  $S_D$  の変化より, 前面主柱材は,  $Re = 1.0 \times 10^5$  程度において, 極超臨界域へ遷移していることがわかる。この場合には, 直列2本円柱実験値<sup>(3)</sup> を参照し, 前面主柱材の  $C_D$  を 0.6, 後面主柱材は滑面の場合  $C_D = 0.35$ , バンド粗さを付けた場合  $C_D = 0.55$  とした。その他の部材については, 亜臨界域である為, 下流側部材については, Cooper の実験値<sup>(2)</sup> を適用した。算定した  $C_D$  値を図5に実線及び一実線(□に対応)を示す。実験値とよく一致することがわかり, ここでも, 本算定法の有効性がわかる。

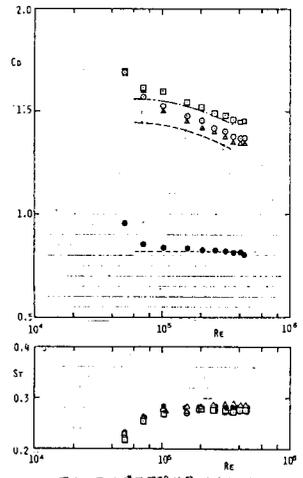


図5 B-1 模型実験結果 (主柱材にバンド付)

3.3 複雑骨組における亜臨界域実験 図6に, B-2 模型による亜臨界域の実験結果を示す。(○) の  $C_D$  値は  $Re$  数に対し大まかな変化は認められないが, (△) の  $C_D$  値は,  $Re = 7 \times 10^5$  付近から減少の徴候が認められる。ここで (○) 及び (△) の実験結果と算定値(実線)は, あまりよく一致しない。本模型は, 多くの補助材を有し, 各部材まわりの流れの二次元性が崩れていることを考慮し,  $C_D$  値算定の際, 有限長補正をさらに細かく施すと一実線線の様になり, 測定値に近い値となる。

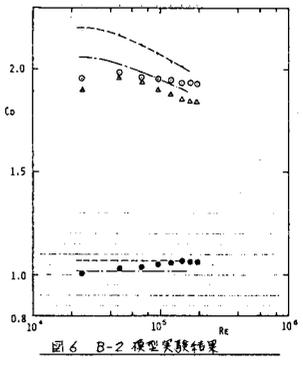


図6 B-2 模型実験結果

4. 結論 鋼管構造物の  $C_D$  値は亜臨界域で  $Re$  数に強く依存する。従って, 部材集計法では, 風圧係数を  $Re$  数によって変える必要がある。さらに, 超臨界域, そして表面粗さを有して実現した極超臨界域における骨組構造物の  $C_D$  値に対しては, 部材集計法に直列2本円柱の対応する  $Re$  数の  $C_D$  値を導入することにより, 妥当な算定値を得ることができた。

参考文献

- (1) 松永・岡島・杉谷; 鋼管鉄骨模型の風洞実験, 土木学会第36回全国大会 講演報告集 pp.738
- (2) K.R. Cooper; Wind tunnel measurements of the steady aerodynamic force on a smooth circular cylinder immersed in the wake of an identical cylinder, NARC, Canada, LTR-LA-119 (1974)
- (3) 岡島・杉谷; 後流中におかれた円柱の空力特性, 土木学会第37回全国大会講演報告集