

I-115 鉄塔支持型煙突の部分模型に対する風洞実験.

秋田大学 正員 色部 誠
 ○ 秋田大学 正員 荻木 征三
 秋田大学 学生員 市田 孟史
 秋田大学 学生員 工藤 研二

1. 予えがう. 鉄塔により支持された高煙突の風による振動性状を明らかにすることを目的として、これまでに実験について行なってきた測定結果を2箇にわけて報告してきた^{1,2}。本報告では、一貫する研究の一部である風洞模型実験の結果について述べる。模型は、図-1に示すとおりのもので、150mの高さを有する。

2. 実験方法.

2-1. 模型. この実験は、部分模型に対するものであって、図-1の断面A・断面Bを代表断面とする縮尺 $1/50$ の部分模型について行なわれる。模型は対称につくられ、長さ方向に断面の大きさは一様である。断面の主要寸法比を表-1に示す。また、模型の高さは54cmである。

2-2. 静的抗力の測定. 模型を2本のワイヤーで水平に吊し、無風状態で静止している模型の中心軸延長線上にトランシットを設置し、これによって送風時の模型の移動量を測定する。移動量がわかれば、ワイヤーの張力が得られ、その合力として抗力が求まる。

2-3. 動的揚力の測定. 模型を鋼製片持ばりによって水平に支持する。模型の運動方程式は、揚力が正弦波状に変動するものとするれば、

$$M\ddot{y} + C\dot{y} + Ky = P \sin \omega t \quad (1)$$

であって、共振時の外力振中 F_L は、 y_m の振中 y_m と振動系のバネ定数 K 、対数減衰率 δ がきまれば、求まる。よって、支持片持ばりの固定端近くで動かしみを測定し、その最大値から y_m を算出し、 F_L を決定することとした。

3. 実験結果.

3-1. 抗力. 前節の方法によって測定された抗力と風速の2乗との関係を図2にプロットしたものが図-2、3である。図-2が断面A、図-3が断面Bの測定値である。これらの図中には煙突模型筒身のみの円柱について得られた抗力を書き入れている。図に迎角とあるのは、断面对称軸と風向となす角である。図によって、模型に働く抗力 $F_0(\theta)$ の線は、迎角いかににかかわらず、円柱に働く抗力 F_{00} の線に平行して、ほぼ直線となっていることから、この範囲の風速では

$$F_0(\theta) \propto \frac{1}{2} \rho V^2 \quad (\rho: \text{空気の密度}, V: \text{風速})$$

が得られる。さらに

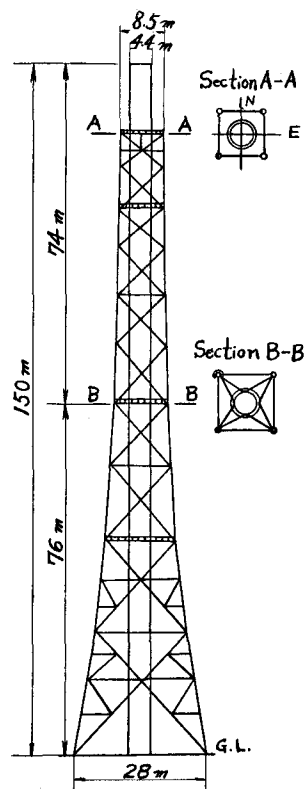


図 - 1

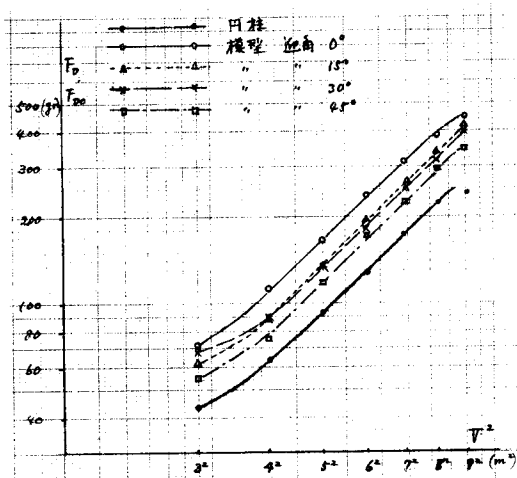


図-2 A部分模型に働く抗力

$$F_D(\theta)/F_{D0} = g(\theta)$$

この比例定数 $g(\theta)$ は、迎角のみの関数であって、風速には依存しないことがわかる。模型の長さとし、円柱の抗力係数を C_{D0} とすれば、

$$F_D(\theta)/\frac{1}{2}\rho V^2 \cdot D \cdot l \cdot g(\theta) = C_{D0}$$

とす。 $D \cdot g(\theta)$ は、模型に働く抗力に等しい大きさの抗力を受ける円柱の直径、いわば、模型の抗力に相当する等価直径と解することができる。風向に垂直な面への模型の投影中を $H(\theta)$ とし、

$$g(\theta) = D \cdot l \cdot g(\theta) / l \cdot H(\theta) = D \cdot g(\theta) / H(\theta)$$

とすれば、 $g(\theta)$ は、いわゆる幾何学的抗力係率とは異なる見かけの抗力係率であらう。測定値と

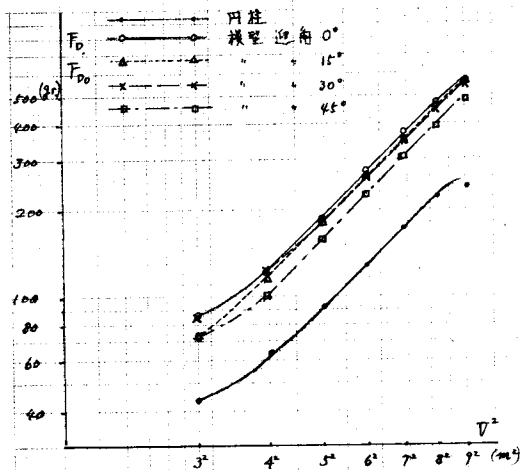


図-3 B部分模型に働く抗力

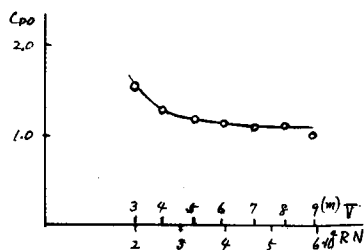


図-4 円柱の抗力係数

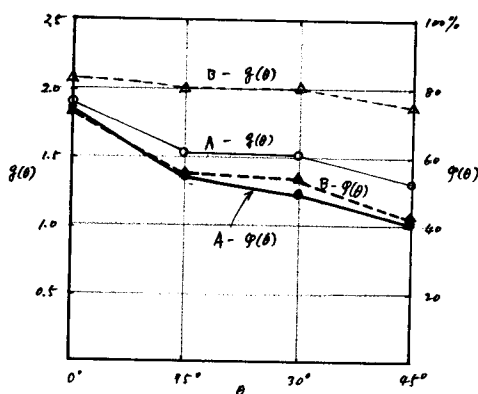


図-5 断面A, Bの $g(\theta)$, $g(\theta)/g(0)$

	断面A	断面B
a/D	0.08	0.17
d/D	2.31	2.95

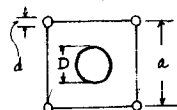


表-1 断面主要寸法比

り求めた C_{D0} を図-4に、 $g(\theta)$, $g(\theta)/g(0)$ を図-5に示す。図-5より、係数 $g(\theta)$ は断面A, Bにより、かなりの違いを示すが、見かけの抗力係率 $g(\theta)$ は、断面の違いにはかわらず、ほぼ同様な値を示しているのが認められる。

3-2. 揚力。各風速における筒身円柱の単位長に働く変動揚力の最大値を図-6に示す。揚力 F_{L0} を $\frac{1}{2}\rho V^2$ で割った値、これは直径と揚力係数の積 $D \cdot C_L$ に等しい。この図にプロット

して示してある。図から 4 m/sec の風速で F_{L0} ならば $D \cdot C_{L0}$ がともに極大値となっていることがわかる。この風速は、無次元風速 V/mD に換算すると 5.46 になる。ここで、 n は、模型を支持した状態での装置の固有振動数である。これを実験上の標準風速として、煙突模型に対する測定を行なった。その結果を図-7に示す。この実験風速は実物換算 22.1 m/sec に相当する。

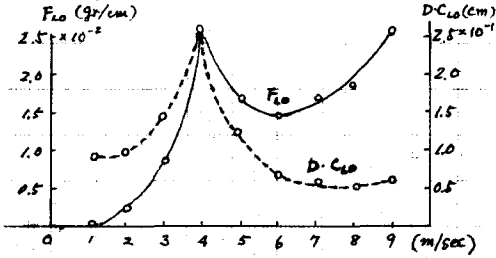


図-6 円柱に働く揚力

図-7には $D \cdot f(\theta) \cdot C_L$ の目盛を付してあるが、これは F_L と $\frac{1}{2} \rho V^2$ と割った値であり、 $D \cdot f(\theta)$ は、抗力の場合と同様、模型に働く揚力に等しい大きさの揚力を受ける円柱の直径、いっは模型の揚力に等しい等価直径である。図-7によると模型A、模型Bに働く揚力には著しい相違のあることが明瞭である。

すなわち、迎角いかににかかわらず、A部分の倍率 $f(\theta)$ は1より大であるが、B部分に対するそれは1より小さく、倍率が最大となる迎角は、Aでは 35° 、Bでは 30° である。すなわち、模型Aの揚力曲線は、 θ が $5 \sim 10^\circ$ 、 $20 \sim 25^\circ$ 、 $30 \sim 40^\circ$ のところで急激な変化を示す。すなわち、これらの迎角の風に対して、A断面の揚力は不安定である。しかし、Bには、このような迎角による揚力の急変は見られない。A断面の不安定に対して、B断面は安定といえる。

4. むすび 以上の実験から、つぎの各項の結論が得られる。

- (1) 図-1の鉄塔支持型煙突の断面A、Bに働く抗力は、風向きによって変化する。そして迎角 0° の風に対して最大、迎角 45° の風に対して最小である。
- (2) 抗力の倍率 $g(\theta)$ は、いづれの断面においても1より大きく、最大倍率（迎角 0° の風のとき）はほぼ2、最小倍率は断面Aで約1.3、断面Bで^約1.8である。
- (3) 見かけの倍率 $g(\theta)$ は、断面A、Bの違いに関係なく、ほぼ一定の値を示す。 $g(\theta)$ は流体力学的な考察によって解明される量であろうが、将来の研究事項とする。
- (4) 揚力は、抗力よりもはげしく、風向きによって変化する。概して、迎角 0° 、 45° でもっとも小さく、迎角 $30^\circ \sim 35^\circ$ でもっとも大きい。
- (5) 揚力の大きさは、断面寸法比 $\%D$ 、 $\frac{4}{D}$ の僅かな違いで、いさぎよく変化する。B断面に働く揚力は、A断面に働く揚力の割合 $9/11$ になる。
- (6) 本煙突の風による動的挙動において、揚力が原因となるのは、上部の $\frac{1}{3}$ 部分の影響が支配的である。

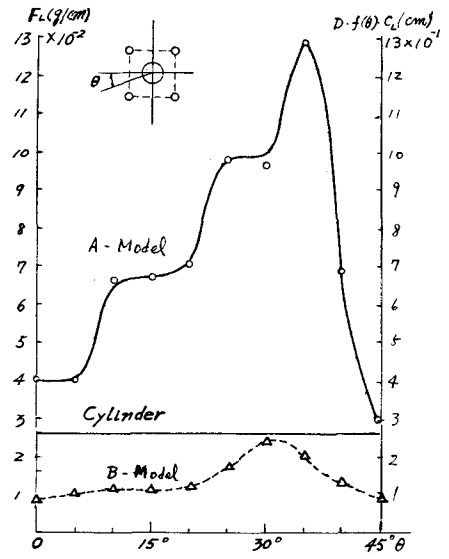


図-7 部分模型に働く揚力

あり、これに反し、抵抗力はほぼ全高にわたリ一様な影響を有していると考えることができた。
 又右の如く、任意の高さにおける抵抗力は、必ずしも $\frac{1}{2} \rho V^2 H(\theta) \cdot \rho(\theta) C_{L0}$ によって評価できよう。

以上の実験結果および別に発表されている実験結果を総合して、本煙管の風による振動の数学モデルを考えることができる。これに關しては、別の機会に発表する。 終りに、本実験には、佐々木年郎君・渡辺 章君の協力とご協力とご大いあり、付記して謝意を表する。

参考文献

1. 第25回土木学会年次講演会，“能谷支持型煙管の風による動的挙動” 色部・佐木
2. 第26回土木学会年次講演会，“強風による能谷支持型煙管の振動” 色部・佐木