

建設省土木研究所 正員 中神陽一  
 " " 山本邦夫

1. まえがき 長大橋梁の耐風安定性を検討する場合には、自然風の乱れおよび構造物の三次元性の影響を考慮する必要がある。このためには橋梁の全体模型を用いた実験を実施する必要がある。しかし、一般には全体模型が高価であるため、比較的安価で同様の成果が得られる実験手法の開発が望まれている。タウトモデルはこの条件を満たす実験手法である。本研究では、タウトモデルを用いた基礎的な実験として横縦比( $B/D$ )が、1, 2, 5, 10の矩形断面について一様流中および乱流中の応答を求め、気流の乱れ強さが応答に与える効果について考察を加えた。

2. 実験条件 Fig-1に実験に使用したタウトモデルの断面を示す。 $B/D = 10$ のベースの中に40mmの間隔に2本のピアノ線を配置した。模型は13個のベースからなり、ベース間距離は約1mmである。横縦比はベースの上下面に2つのガラスを接着することにより調節する。Table-1に鉛直たわみおよびねじれの固有振動数、減衰率、および重量を示した。振動モードは、たわみ1次、2次、3次、ねじれ1次、2次が10Hz～50Hzにおいて確認されたが、本実験ではたわみ1次とねじれ1次のみに着目することとし、変位はスパン中央の上下流両側にターゲット(豆電球)を設け測定した。

3. 乱流の発生方法 乱流は、風洞床面上に一边が150mmの立方体のブロックを等間隔に敷きつめ、境界層を発達とせることにより発生させた。ブロックの配置および模型の設置の概略は、Fig-2に示した。ブロックによって発達した境界層内では、Fig-3に示されるように高度によって乱れ強さは変化し、床面からの高さ5cmでは乱れ強さ20%、高さ9.5cmに達するまで漸次減少する。グラフに示された乱れ強さの風速に対する変動は、風速1/3sec未満の低風速領域を除けば、ほぼ5%未満である。従って模型の設置高度を変化とせることによって、所定の乱れ強さを得ることが出来る。境界層厚は1m内外であるが、この境界層内での乱れのスケールは、ほぼ一定であり主流方向に約0.2m、鉛直方向に約0.08mである。今回の実験では乱れ強さを20%、11%、7%に設定し、乱れのスケールは一定とした。なお用いた乱流の特性はTable-2に示した。

4. 一様流および乱流に対する応答特性と考察 Fig-5～8に各断面の応答を示した。なお、 $B/D = 1, 2$ の厚い断面ではたわみ振動のみが、 $B/D = 5, 10$ の薄い断面ではねじれ振動のみが現われるので、図には振動が顕現するモードについてのみ示した。渦励振は $B/D = 1$ および $B/D = 2$ の断面のみ、たわみ渦励振と

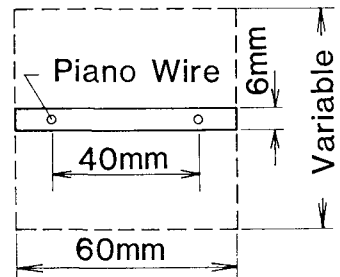


Fig-1 Cross-Section

Table-1

Natural Frequency, Damping and Mass

| B/D | $\eta_z$ | $\eta_\theta$ | $\delta_z$ | $\delta_\theta$ | m     |
|-----|----------|---------------|------------|-----------------|-------|
| 1   | 10.30    | 11.12         | 0.008      | 0.055           | 428.6 |
| 2   | 12.10    | 16.16         | 0.009      | 0.032           | 308.7 |
| 5   | 13.97    | 19.98         | 0.009      | 0.019           | 232.7 |
| 10  | 15.86    | 23.00         | 0.015      | 0.034           | 144.9 |

(n=Hz m=g)

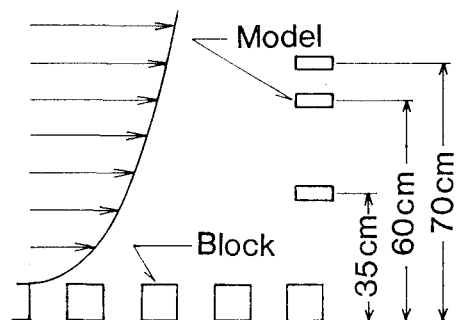


Fig-2 Turbulent Flow

して発現した。乱流が渦励振に対して抑制する効果を持つことは、既に報じられているが、今回の実験でも、それが確認され、 $B/D=1$ 断面における渦励振は完全に消滅し、 $B/D=2$ 断面におけるものも抑制される。Fig-6から明らかなように渦励振の最大振幅は乱れ強さの増大によって減少する傾向にある。自励振動は $B/D=1, 2$ の断面では一様流中においてギャロップ現象が発現するが、 $B/D=5, 10$ といった薄い断面では、ねじれフラッターが発現する。発現する領域は図から明らかなように、 $B/D=1$ では  $U_L=5 \sim 6.5$ ,  $B/D=2$ では、 $U_L=9 \sim 14$ ,  $B/D=5$ では  $U_L \approx 6$ ,  $B/D=10$ では  $U_L \approx 100 \sim 105$ である。乱流の効果は、上に述べた自励振動の発生領域までは、パフエーシングとして現れ、振動振幅は乱れ強さに比例する。しかしこのポイントを過ぎた領域では、逆に限界流速が上昇するが分散する振動が抑えられる等の効果が現れる。この抑制効果は乱れ強さに比例し、この傾向は、たわみモード、ねじれモードともに現れる。今回は乱れ強さを乱流のパラメータとしたが、今後は乱れのスケール等をパラメータとして検討する必要があると思われる。

Table-2  
Characteristics of Turbulence

| Z<br>(cm) | $I_U$<br>(%) | $I_W$<br>(%) | $L_U$<br>(m) | $L_W$<br>(m) |
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 35        | 20           | 15           | 0.21         | 0.08         |
| 60        | 11           | 9            | 0.22         | 0.07         |
| 70        | 7            | 6            | 0.20         | 0.07         |

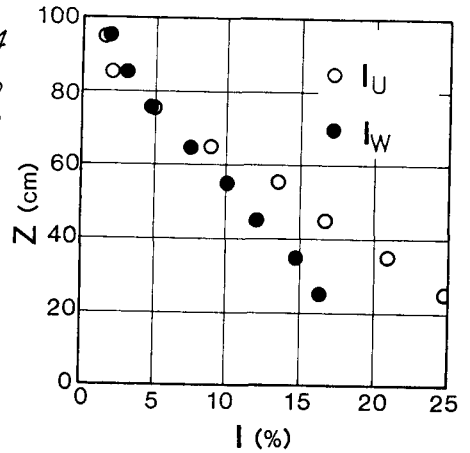


Fig-3 Turbulence Intensity

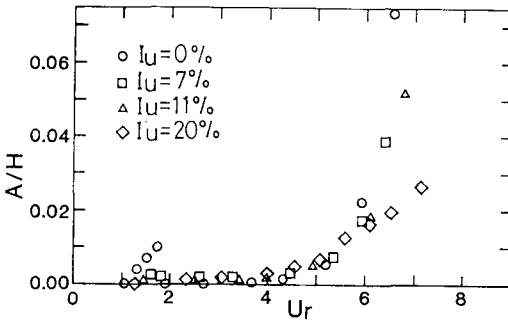


Fig-4 Displacement B/D=1

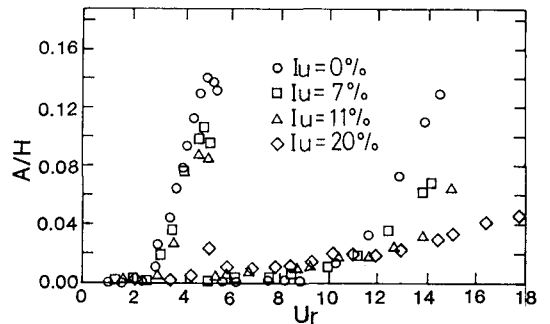


Fig-5 Displacement B/D=2

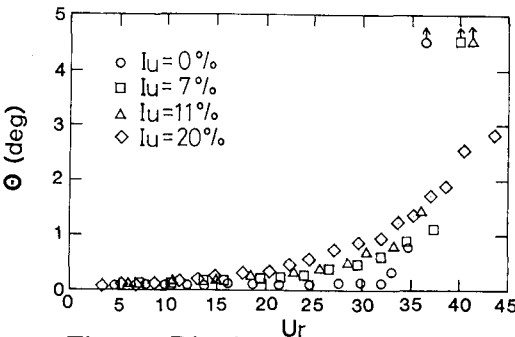


Fig-6 Displacement B/D=5

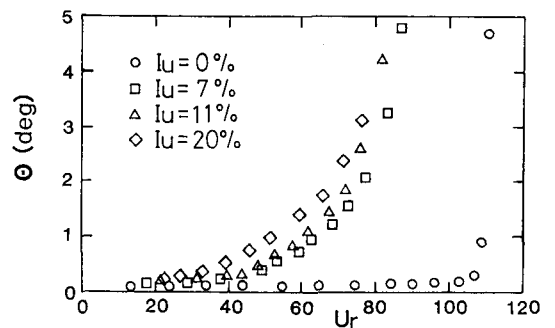


Fig-7 Displacement B/D=10