

建設省土木研究所 正員 中神陽一

1. まえがき 従来、橋梁の耐風性は専ら、吊橋・斜張橋といったケーブルを主体とする構造を対象として検討されてきたが、箱桁橋の長スパン化に伴い、その耐風性が問題とされるケースが増えている。そこで、1BOXの箱桁橋を対象として風洞実験を行い、重量・減衰・桁高比をパラメータとして採用し、耐風性の良好な条件について検討した。

2. 対象断面 箱桁橋は、一般にウェッジが水平面に対し直角であり、断面の幾何的特性は、全幅・桁幅・桁高の3パラメータによって示される。全幅・桁幅・桁高をそれぞれ $B$ 、 $B'$ 、 $H$ と表わし、実際の箱桁橋における、桁幅比 $B'/B$ および桁高比 $H/B$ について調査した。図-1には $B'/B$ 、図-2には $H/B$ の調査結果をそれぞれ示した。なお、図-2中の $1/6$  Point、 $1/2$  Pointとは桁端からの距離 $\ell$ 、それぞれスパン長の $1/6$ 、 $1/2$ にある点における断面形状を指す。図-1によるとスパン長が増加するに伴い、 $B'/B$ の値は、0.4〜0.5の間に納めていくようである。また図-2を見ると、 $H/B$ は箱桁橋に変断面構造が多く採用されていることから0.2〜0.6程度にバラついていることがわかる。そこで、本実験では対象として $B'/B=0.45$ 、 $H/B=0.2$ 、 $0.3$ 、 $0.4$ 、 $0.5$ 、 $0.6$ である断面を採用することとした。使用した模型の断面を図-3に示した。中央分離帯は無いが、横断勾配を2%としている。

3. 実験方法および実験条件 箱桁橋では、ねじれの固有振動数が、たわみの固有振動数に比べて高いため、ここではたわみ振動のみに着目することとした。実験は、強制加振法による非定常空気力の測定である。加振振幅は、桁振幅を全幅の $1/100$ とし、風速は、無次元風速を約1/2まで測定した。また迎角は全1の断面に対し $0^\circ$ とした。

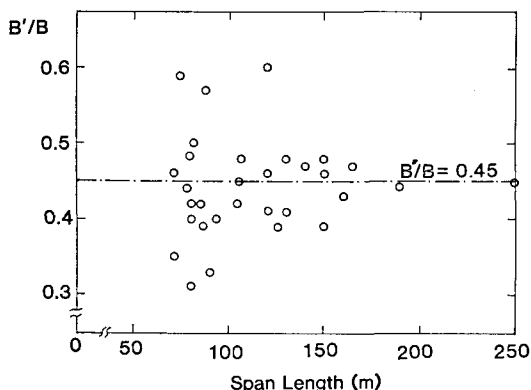
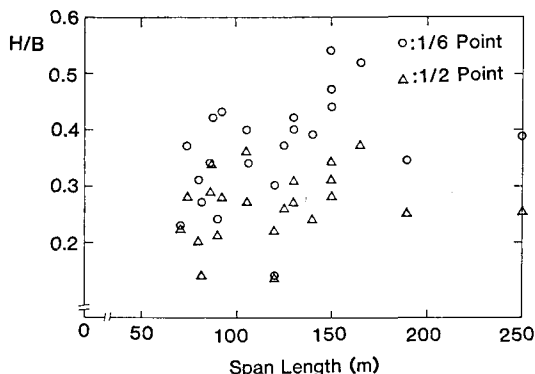
4. 耐風安定性の評価法 振動速度と同位相のたわみ揚力係数 $C_{LH}$ は式(1)のように示される。

$$C_{LH}^I = \frac{m\omega_0^2}{\frac{1}{2}\rho U^2 B} \frac{\omega_0^2}{\pi} (\delta_0 - \delta) \quad \dots (1)$$

ここに、 $m$ ; 質量、 $\omega_0$ ; 固有円振動数、 $\delta_0$ ; 構造減衰、 $\rho$ ; 空気密度、 $U$ ; 風速、 $B$ ; 代表長さ、 $\delta$ ; 減衰  
式(1)を式(2)のように変形する。

$$\underbrace{\frac{m\delta}{\rho B^2}}_{\text{オ1項}} = \underbrace{\frac{m\delta_0}{\rho B^2}}_{\text{オ2項}} - \underbrace{\frac{1}{2} \left( \frac{U}{\omega_0 B} \right)^2 C_{LH}^I \frac{\pi}{\omega_0 B}}_{\text{オ3項}} \quad \dots (2)$$

耐風安定性の良否は、オ1項の $\delta$ の正負によって判断される。オ2項は、各橋梁に対して一的に定まるパラメータであるから、実験によってオ3項を求めればよい。

図-1 スパン長と $B'/B$ 図-2 スパン長と $H/B$

5. 実験結果 たわみ場係数  $C_M$  を求め、加振振幅と無次元風速から、式(2)におけるオス項を求め、図-4に示した。なお、オス項を一括し  $C_M$  とした。図-4によると、 $H/B$  の増加に伴い高風速域では、 $C_M$  が正の方向に移行するようになり、 $H/B=0.5$ 、 $0.6$  では、 $U_k=5$  付近から急激に立ち上がる。しかし  $H/B=0.3$ 、 $0.2$  といった薄い断面では、 $C_M$  は、低風速で、渦励振の発現と思われる風速域を除き常に負である。

6. 考察 この節も述べたように、耐風安定性の良悪はオス項の正負によって判定される。従って式(2)において明らかなように、オス項とオス項を比較すればよい。実際の橋梁におけるオス項  $m\delta_0/pB^2$  の値の例を表-1に示した。これによると100mを超えような長スパンの箱桁橋に於いて、 $m\delta_0/pB^2$  値はたかだか1.0である。図-4中の縦軸に、 $m\delta_0/pB^2$  ととり、 $C_M$  の曲線がこの値をオーバーする領域では、片振幅が全幅の1/100以上の振幅で、鉛直たわみ振動が発現することになる。図-5に図-4に示した実験結果を模式的に示した。 $H/B$  が0.3から0.4の領域では、ギャロッピングが発生する否が微妙であるため、安全側をとり  $H/B=0.4$  の曲線をもってこの領域をカバーするものとした。同様に  $H/B$  が0.4から0.5の領域も  $H/B=0.5$  の曲線によってカバーした。図-5によると、 $H/B<0.3$  の場合はギャロッピングは発現しない。 $0.4>H/B>0.3$  の場合は  $m\delta_0/pB^2$  が2以下の場合に限り  $U_k=6$  からギャロッピングが発振する。 $H/B>0.4$  では  $m\delta_0/pB^2$  によらず  $U_k=5$  でギャロッピングが発振することになる。

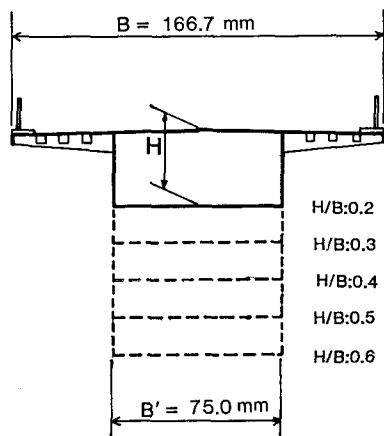


図-3 模型断面

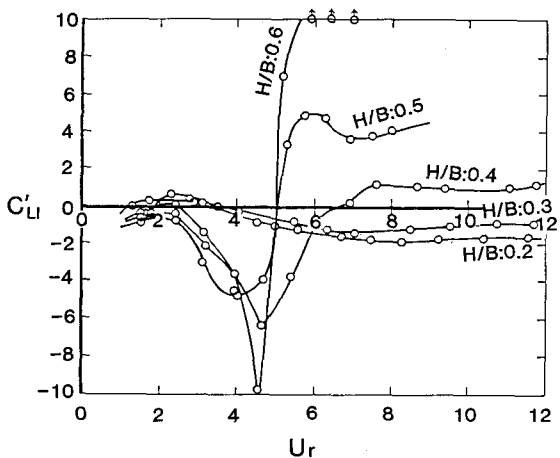


図-4 実験結果

表-1 実橋の  $m\delta_0/pB^2$  値

| 橋梁 | スパン長(m) | $m\delta_0/pB^2$ |
|----|---------|------------------|
| A  | 165     | 0.80             |
| B  | 189     | 0.66             |
| C  | 105     | 1.01             |
| D  | 210     | 0.56             |

但し  $\delta_0=0.02$ ,  $p=0.125 \text{ kg/s}^2/\text{m}^2$

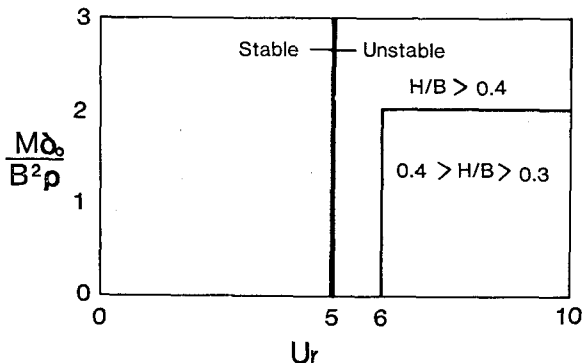


図-5 模式図