

京都大学大学院 学生員 横田 哲也

京都大学工学部 正 員 松本 勝

京都大学工学部 正 員 白石 成人

京都大学工学部 正 員 白土 博通

日本道路公団 正 員 佐川 信之

1 ようき

架設途中の独立状態にある吊橋主塔は渦励振の発生することが知られており、その制振対策としてスライディングブロック方式・座カダンバ方式などが考えられてきた。ところで、より有効な空力的制振対策や耐風安定性に富む主塔形状を選定するには、主塔の空力応答特性を把握し、その発生機構を解明することが重要である。従来より、主柱断面の幾何学形状・風の水平偏角・主柱間隔等のパラメーターが、吊橋主塔の渦励振特性に影響をもたらすことが知られているが、本研究では吊橋主塔を二本の角柱でモデル化を行ない、主柱間隔のみならず応答変化に着目し、主柱表面の圧力特性から渦励振の発生メカニズムに検討を加えた。

2 実験概要

主柱の風の見付幅 D に対して主柱間隔 B を $B = 2D, 3D, 4D, 5D, 6D, 7D$ と変化させた場合の、ねじれ渦励振の応答特性が次のように報告されている⁽¹⁾。

- $B = 2D, 3D, 4D$ では $1/Sc$ に相当する1つの風速域のみで渦励振最大応答ピークが見られる。
- $B = 5D, 6D, 7D$ では2つの風速域で応答ピークが見られる。低風速側のピークは B によらずほぼ同一の風速で発現し、その値は $1/Sc$ に一致する。高風速側のピークは B の増大と共に発現風速が高風速側へ移行する。

このように $B = 4D$ と $5D$ の間でねじれの渦励振特性に不連続な変化がみられ、本研究ではFig. 1に示したように $B = 4.0D, 4.25D, 4.5D, 4.75D, 5.0D$ と変化させ、図中の16個のPressure Holeにおいて渦励振最大応答の発現時における非常圧力を測定すると共に、定常圧力(Pressure HoleのPoint No. 1におけるGap Pressure C_g 、およびNo. 5, No. 9におけるBase Pressure C_{bd}, C_{bu})を測定した。

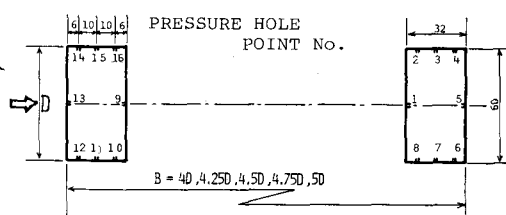


Fig. 1

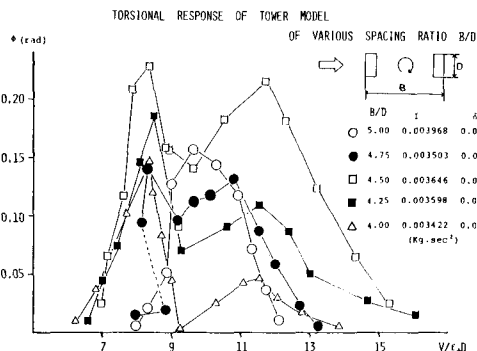


Fig. 2

3 実験結果および考察

(1) V-A応答特性

主柱間隔を $B = 4.0D$ から $B = 5.0D$ まで変化させた場合の、ねじれ渦励振の応答が変化する様子をFig. 2に示す。この図から直列二本角柱のねじれ渦励振の応答特性を大別すると、次の3つのタイプに分類できる。

- (I) $B = 4.0D$ ねじれ渦励振最大応答の発現が1つの風速域に限られ、その値はTable 1に示した静止断面の $1/Sc$ にはほぼ一致しており、文献(1)での $B = 2D \sim 4D$ の応答に相当するものと考えられる。
- (II) $B = 4.25D$ 低風速域($V_r \approx 8.5$)および高風速域($V_r \approx 10.5$)の2つの風速域でねじれ渦励振の最大応答がみられる。特に低風速側の応答ピークは、ある振幅以上に共振しなへとして出現しない不安定なリミットサイクルを有しており、(I)および(II)に示す(III)の過渡的な状態と考えられる。
- (III) $B = 4.50D \sim 5.0D$ 2つの風速域で応答のピークが見られるが、低風速側の応答は B によらずほぼ同一の風速($V_r \approx 8.5$)で現われており、文献(1)における $B = 5D \sim 7D$ の応答に相当するものと考えられる。

以上のことから、主柱間隔 $B=4.25D$ を境にして、ねじれ渦励振応答特性およびその発生機構に不連続な変化が生ずるものと考えられる。

(2) 非定常圧力特性

	St	$1/St$
$B=2D$	0.142	7.04
$B=3D$	0.128	7.81
$B=4D$	0.110	9.09
$B=5D$	0.113	8.85
$B=6D$	0.112	8.93
$B=7D$	0.119	8.40

Table 1

主柱間隔 B を変化させた場合の非定常圧力の一例として、 $B=4.0D$ (Fig.3) および $B=5.0D$ (低風速域は Fig.4-1, 高風速域は Fig.4-2) における、ねじれ渦励振最大応答時の風下側主柱側面 (Point No.4) の圧力のパワースペクトルを右に示す。

[$B=4.0D$] (Fig.3)

固有振動数成分において鋭いピークを持ち、渦放出周波数 f_s が固有振動数 f_n に同期しているものと考えられる。また応答ピークが $1/St$ において発現していることから、完全剥離型に近い渦励振特性を有するものと考えられる。なお Table 1 から明らかなように $B=2D \sim 4D$ では B の増加と共に St 数は減少し、発現風速は高風速側へ移行する。

[$B=5.0D$ 低風速域] (Fig.4-1)

固有振動数成分において鋭いピークを持ち、応答ピークが $1/St$ において発現するのは $B=4.0D$ と同じであるが、Table 1 に示すように $B=5D$ 以上では St 数はほぼ一定であり、 B によらず発現風速は一定である。

[$B=5.0D$ 高風速域] (Fig.4-2)

固有振動数成分 ($f_n=6.3\text{Hz}$) とは異なる $f=8.6\text{Hz}$ で鋭いピークを持っており、この周波数成分から計算される St 数は $St=0.111$ となり、Table 1 に示した静止断面の St 数に等しくなる。従って、 $f=8.6\text{Hz}$ におけるピークは、渦放出に伴うストローハル成分と考えられ、渦励振の発生機構自体、低風速域のものとは異なることが予想される。

なお、上記の低風速域と高風速域のパワースペクトルの顕著な相違は、 $B=4.25D \sim 5.0D$ のすべてのケースにみられた。

(3) 定常圧力特性 (Fig.5)

主柱間隔 B が小さくなるにつれ、 C_g (Point No.1) の値は減少して上流側主柱の C_{bm} (Point No.9) の値に近付き、 $B=4.25D$ で C_g は負圧に転じる。この C_g の正負が、低風速側の渦励振の発現の有無に対応している。

4. 結論

直列乙本角柱のねじれ渦励振は、次の3つのタイプに分類される。

- ① $B=2D \sim 4D$: $1/St$ において応答ピークが発現する。また B の増加と共に St 数が減少するから、渦励振発現風速は高風速側へ移行する。
- ② $B=4.25D \sim 7D$ (低風速域) : $1/St$ において応答ピークが発現するが、 B によらず St 数はほぼ一定であり、同一の発現風速を有している。
- ③ $B=4.25D \sim 7D$ (高風速域) : 渦励振時のストローハル成分は固有振動数成分と一致せず、①②とは異なった渦励振発生機構を有している。

<参考文献(1)> 白石・松本・白土等; 直列柱状構造物の空力特性に関する基礎的研究(第7回風工学シンポジウム論文集)

POINT NO. 4.

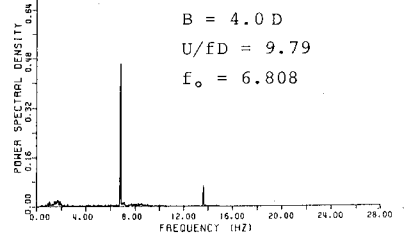


Fig. 3

POINT NO. 4.

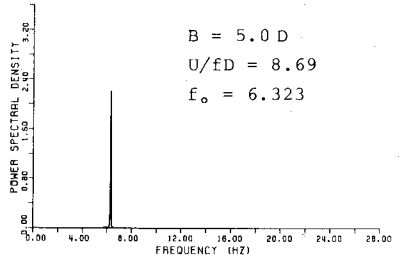


Fig. 4-1

POINT NO. 4.

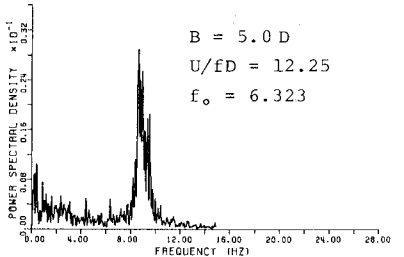


Fig. 4-2

STEADY PRESSURE COEFFICIENTS FOR VARIOUS SPACING RATIO

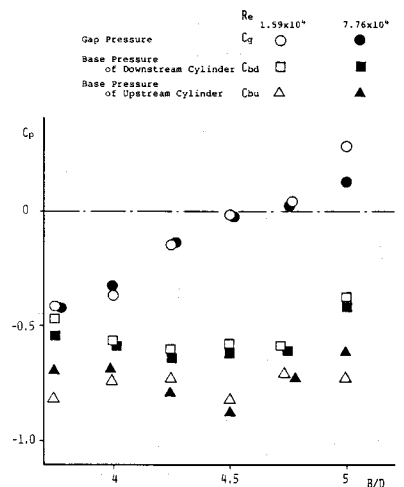


Fig. 5