

九州工業大学 ○ 正 員 加藤九州男
 九州工業大学 正 員 久保喜延
 九州工業大学 三代利光

まえがき

最近、斜張橋はそのアンカーが構造的に単純であることやその構造が景観上優れていることにより、多く架設されるようになって来ている。また、橋梁の長大化という流れの中にあって斜張橋も長大化し、資材の運搬や施工面からケーブルについても一定着点に複数本が使用される気運にあり、このような状況下におけるケーブルの風による振動が問題視されて来ている。そこで、本研究は斜張橋のケーブルを想定した並列円柱の空力弾性振動とその圧力特性について調べると共にその制振法について二、三の実験的検討を加えたものである。

模型および実験方法

模型は長さ1070mm、直径 $d=50\text{mm}$ のアルミパイプ2本を円柱として、上流側円柱を固定し、下流側円柱を上下一自由度弾性支持し、円柱間の水平距離を変化させて実験を行なった。表面圧力は円柱中央部分に上半円状に設置した圧力タップによって測定した。また制振法に対する実験は、Fig.1に示すように、円柱に当る流れを一部変化させて剝離点を制御するためのサイドプレート（Fig.1(a)）と、並列円柱の上流側の後流を制御するためのカバーを付けた後流制御法（Fig.1(b)）とを用いた。

単独円柱および並列円柱の応答特性

Fig.2(a)は単独円柱の、Fig.2(b)は並列円柱の円柱間水平距離 $S_H=3d$ の応答をそれぞれ示している。これによると、単独円柱の場合 $V_R=5$ で渦励振が始まり、 $V_R=6.6$ 辺りでピークを持ち、 $V_R=10$ 辺りで応答は小さくなり、これより大きい風速域では渦励振もフラッターも生じない。それに比べ並列円柱では単独円柱と同様の領域で渦励振を生じ、 $V_R=15$ 辺りからwake flutterが生じ、その振幅は円柱直径の3倍から3.5倍程度、渦励振の最大振幅の2倍以上にもなる。即ち並列円柱の空力弾性振動は、渦励振とwake flutterの二種類の振動となる。

並列円柱の圧力特性

Fig.3は並列円柱水平距離 $S_H=2.5d\sim 5d$ 、 $V_R=6.1$ における両円柱の平均圧力分布を示している。これによると $S_H=3d$ 以下の場合には下流側円柱の背面に強い風圧が生じており、また上流側円柱の背面と下流側円柱の前面との平均圧力には差がない。このことは、下流側円柱の後方で渦が形成されていることを示し、文献1)の可視化実験の結果とも対応しており、円柱間に流れが生じていないことを示唆している。またこのことは熱線流速計の測定からも確認されている。円柱間の水平距離 $S_H=3.5d$ になるとFig.3(c)のように上流側円柱の背圧と下流側円柱の前圧に圧力差を生じ、このときの円柱間の流速変動スペクトルについて調べてみると、固有振動数成分が現われていることから円柱間に流れが生じていると推察され、表面圧力のスペクトルに対応するピークを生じ、この二つの成分の干渉により応答が不安定化しているものと考えられる。このことは単独円柱の最初の渦の形成域が $3.6d$ 程度であることと関係があるものと思われる。 $S_H=4d$ 以上になると、 $S_H=3d$ での応答のピークを生じる $V_R=6.1$ では、円柱間の流速変動は固有振動数成分を含んでおらず、渦励振は消滅する。このことより並列円柱間の水平距離 $S_H=3.5d$ 付近で周辺流れは急変することが判明した。

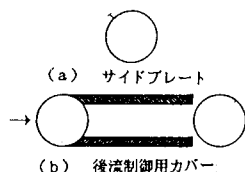


Fig.1 耐風制振策用模型

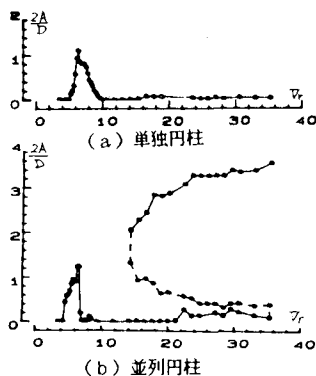


Fig.2 単独円柱と並列円柱 ($S_H=3d$) の応答

サイドプレートによる制振法

Fig.1(a)のような小さい板を円柱外に取り付けることにより、円柱表面からの剝離渦の形成を制御するのが、この制振法の目的であるが、今回はこのサイドプレートをどのように配置すれば制振法としての効果が生じるかを見るために、単独円柱に一個のサイドプレートを付けることにより、その効果を見ることとした。なお、この場合のサイドプレートの幅 b は円柱間の直径の1/10とし、円柱からの距離を b 及び $3b$ とした場合に円柱を回転して接近流を変化させることによって、その応答を観察した。その結果がFig.4である。特に、 $\theta=55^\circ$ のときの応答振幅は他のケースの約1/2となっている。この角度では、剝離点とサイドプレートの高さが一致しており、剝離点制御によって制振効果が得られている。本実験ではサイドプレートは一枚のみで、二つの剝離点のうち一方しか制御できていない。サイドプレートを複数にして両方の剝離点を制御すれば、より大きい効果が得られるものと思われる。Fig.5は並列円柱の上流側に、Fig.4の $\theta=55^\circ$ と同じ位置にサイドプレートを付けたときの、下流側円柱の応答結果である。これを見ると渦励振・フラッターともに大きく現われており、サイドプレートによるwakeの制御は、下流側円柱の振動を抑制するほど効果は大きくない。

wake制御のためのカバーを取り付ける制振法

ここで、wakeの制御を行なうために、スプリッタープレートにヒントを得て、Fig.1(b)のようなカバーを円柱間に設けることとした。この場合、カバーは上流側円柱に取り付け、下流側円柱と接触せずに振動可能にしている。円柱間の水平距離を変化させることによって、Fig.2の応答結果と比較している。Fig.6がその結果である。これによれば、渦励振は $V_r=5$ 辺りで発現し始めるが、渦励振の終端風速は水平距離 S_H によって変化する。特に、 $S_H=3d$ では単独円柱の場合と同一の風速範囲で渦励振が発生するものの、 $S_H=3.5d, 4d$ では渦励振域は1/5程度に減少している。またいずれの場合もwake flutterの発生はみられず、フラッターに対しては、非常に有効であることが判明した。また渦励振に対しては更に検討を加えて、渦励振及びフラッターの双方に効果が出る制振法の開発が必要である。

まとめ

以上のことより次のようなことが言える。

- ①並列円柱で下流側円柱は水平距離 $S_H=3d$ まで上流側円柱の渦形成域にあり、 $S_H=3.5d$ 付近を境に流れが急変する。
- ②サイドプレートによる剝離点の制御は、渦励振抑制にかなりの効果がある。
- ③wakeの制御のためのカバー取り付け方法はwake flutterを抑制することが出来るものの、渦励振の抑制はサイドプレートによるもの程の効果は期待出来ない。

参考文献

- 1)幡手他：並列Blaff Bodyの空力弾性振動 第38回概要集
- 2)久保他：並列円柱の制振法に関する一試案 S59年度西部支部大会

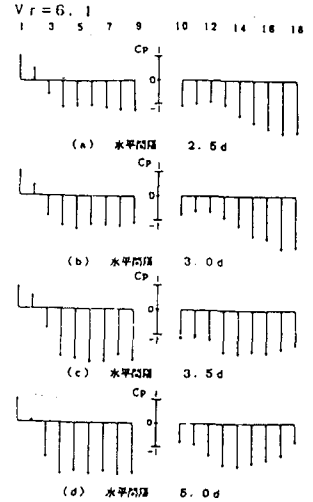


Fig. 3 並列円柱の平均圧力分布

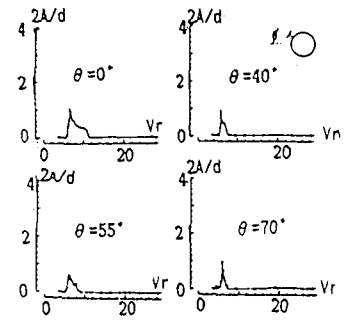


Fig. 4 サイドプレート付単独円柱の応答結果

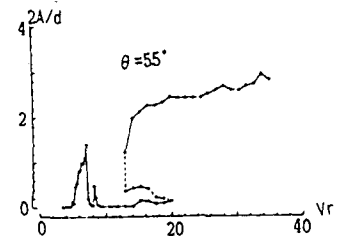


Fig. 5 サイドプレート付並列円柱の応答結果

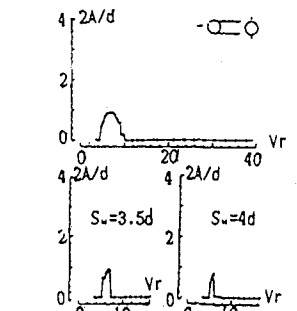


Fig. 6 後流制御用カバー付並列円柱の応答結果