

## 並列ケーブルの非定常空気力の計測

IHI 正会員 杉本 高志  
IHI 正会員 松田 一俊

IHI 正会員 上島 秀作

1. はじめに 斜張橋の並列ケーブルに発生するウェイクギャロッピングは、単独ケーブルに発生するレインバイブレーションや渦励振に比べて励振力が大きく制振対策に困難を伴う。一方、既往の風洞試験によると、その現象は考慮すべきパラメータが多く非常に複雑であることが報告されており<sup>1)</sup>、制振対策の検討に必要な空気力の特性に関しても明確にされているとは言い難い。筆者らは、ウェイクギャロッピングの空気力特性に関する基礎的データを蓄積する目的で、振動発生時のケーブルの非定常圧力の計測を行った。

### 2. 実験条件

非定常圧力の計測は自由振動法に依った。2次元模型を用いて上流側のケーブルは固定し、下流側のケーブル模型のみ並進方向2自由度にばね支持した。試験条件を表-1に示す。考慮したパラメータはケーブル間隔および気流特性である。風向角・迎角はすべて0 deg.とした(図-1)。

表-1 実験条件

	実 橋 <sup>*)</sup>	ケース 1	ケース 2
ケーブル径 D (m)	0.145 ~ 0.187	0.100	0.100
固有振動数 f (Hz)	0.45 ~ 1.45	0.96	1.47
構造減衰	0.010 程度	0.036	0.015
$S_c$ 数 (= $m / (D^2)$ )	21 ~ 24	28	21, 12
ケーブル間隔	2.5 ~ 5.5D 程度	3D, 4D, 5D	3D
気流		一様流	一様流, $u=5\%$

\*) 本四連絡橋 櫃石・岩黒島橋の諸元を参照した。

### 3. 実験結果及び考察

#### (1) ケーブル間隔の影響

V-A 図を図-2に示す。振動方向は流れ直角方向(y方向)が卓越するので図中にはy方向の振幅を表記した。応答はリミットサイクルが存在し、ケーブル間隔が大きいほど振動発生風速が上昇する。

動圧で無次元化された平均圧力(Cps)、応答振動数成分の変動圧力(Cpd)および無次元仕事を図-3に示した。ケーブル間隔が大きくなるほど、Cpsにおいて上流側ケーブルの後流による負圧の影響が小さくなる傾向が確認できる。Cpdにおいては、円柱間距離が小さい方が $\alpha=15^\circ \sim 45^\circ$ 付近での圧力変動が大きい。この付近の円柱表面圧力はgap flowの発生によるものであるが、<sup>2)</sup> 円柱間隔が大きくなると当然ながら相互干渉の影響が小さくなりCpdの大きさが小さくなる。

一周りに各圧力孔が為す仕事量を見た場合、圧力変動成分の最も大きい $15^\circ \sim 45^\circ$ 付近は仕事量への寄与が小さいが、円柱上面部 $90^\circ \sim 120^\circ$ (または下面部)では変動圧成分が小さい部分にもかかわらず仕事量への寄与が大きいことがわかる。これは圧力孔の方向ベクトルによるものと、円柱の鉛直振動に対し、円柱前面部( $0^\circ \sim 60^\circ$ )の圧力変動はほぼ同位相で生じているが、上下面では位相が遅れていることに起因する。この特性はケーブル間隔4.5Dにおいても同様だが、円柱前面部において負の仕事量を成す部分が存在する。

#### (2) 乱流による影響

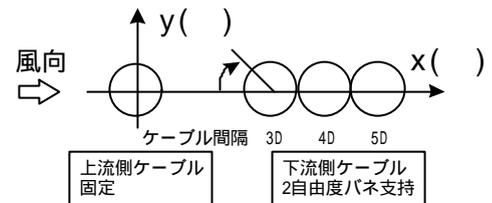


図-1 ケーブル配置図

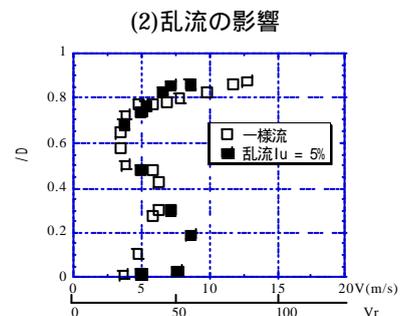
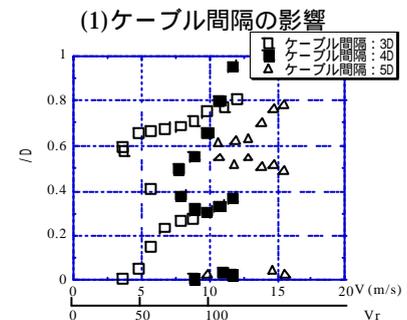


図-2 V-A 図

キーワード：並列ケーブル，ウェイクギャロッピング，乱流，表面圧力変動

連絡先住所：横浜市磯子区新中原町1 石川島播磨重工業(株)技術開発本部，tel:045-759-2135 ,fax:045-759-2183

ケース2では乱流格子により気流に乱れ強さ  $I_u=5\%$  を与えた。このとき、スクルートン数  $Sc=21$  では振動が発生しなかった。しかし  $Sc=12$  では  $I_u=5\%$  において振動が発生した。また振動発生風速は一樣流中とほぼ同値である。

乱れにより、上流側ケーブルによる気流の後流領域が小さくなる効果が図 - 4 から確認できる。Cps の分布によれば、乱流中でケーブル間隔  $3D$  の分布は一樣流中における  $4D$ 、 $5D$  の場合の分布とよく似ている。また  $C_{pd}$  についても同じ傾向がある。しかし乱流中ではケーブル上下面の圧力変動成分が卓越し、結果的にピーク値が一樣流中よりも大きくなった。

#### 4. 結論

- ・並列ケーブルに発生するウェイク・ギャロッピングは、ケーブル間隔の増加及び乱れ強さの増加により安定化する。
- ・下流側ケーブル表面の変動圧力の大きさは、ケーブル配置の影響が強く気流の乱れによらない。また、流れ方向に対し垂直な振動が卓越する場合は、最も励振力を与えるのは円柱の上下面部分であり、これは振動変位に対する変動圧力の位相遅れによる。
- ・気流の乱れはケーブル間隔の増加とほぼ同様の効果を与える。

#### 【参考文献】

- 1)建設省土木研究所ほか、斜張橋並列ケーブル耐風制振に関する共同研究報告書(No.1~3)、平成7年
- 2)白土 博通、複数構造物の空気力学的挙動に関する研究、京都大学博士論文、昭和63年

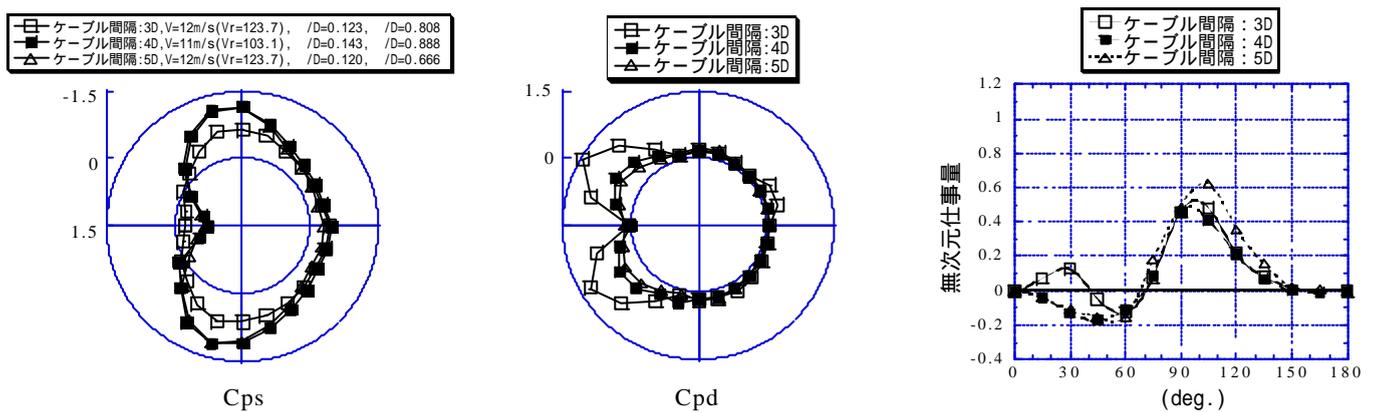


図 - 3 ケーブル間隔の影響

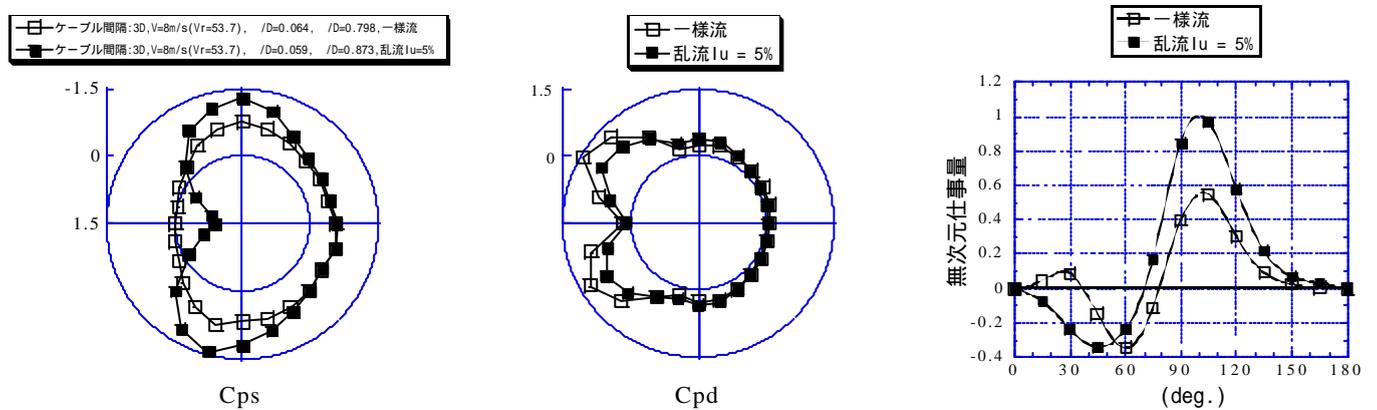


図 - 4 乱流の影響