

I - 535

並列ケーブル振動時における振幅依存特性について

三井造船 正員 林 健一 三井造船昭島研究所 内藤 誠
三井造船 正員 井上浩男 三井造船昭島研究所 大和田智博

1. まえがき

斜張橋の並列ケーブルにおいてはウェークギャロッピングの発生が問題となる。このウェークギャロッピングの特性を把握するために、ケーブル間隔をパラメータとして下流側ケーブルの耐風応答について調査をおこなった¹⁾。この試験中に特異な現象；ケーブルの振動がある風速で振幅に依存して振動数が変化する現象を観測した。本報告では、この現象について検討をおこなった。

2. 試験方法

ケーブルの模型は、直径 50 mm のアルミ製円柱パイプを 2 本使用した。模型の表面はアルミの地肌のままであり、特別な加工・処理等を施していない。上・下流のケーブル中心軸の水平間隔 S_H と垂直間隔 S_V をパラメータとして上流側ケーブルを風洞内に固定し、下流側ケーブルについてたわみ 1 自由度のバネ支持試験をおこなった。自由度の方向は気流直角方向 $\alpha' = 0^\circ$ 、またはケーブル中心軸に直角方向 $\alpha' = \alpha$ である。ケーブルの振動諸元を表-1 に、配置を図-1 に示す。

3. 試験結果

(1) $S_V = 0$ の場合

2 本のケーブルを気流に対して $(S_H, S_V) = (2D, 0)$ に配置した場合の風速と振幅の関係を図-2 に示す。このとき、下流側ケーブルは不安定なリミットサイクルをもつハード型の応答を示した。風速 $V = 20$ m/s のとき振幅 $\eta/D \approx 0.2$ の定常状態で振動していたが、突如、振幅が 0.6 以上になり、速く振動するようになった。その後、振動はたわみからローリングへと移行した。このときのたわみ振動における振幅と振動数の関係を図-3 に示す。振幅 $\eta/D = 0.225 \sim 0.250$ で振動数 N は 1.2 から 1.5 Hz へと急激に変化し、 $\eta/D \geq 0.250$ で 1.6 Hz まで上昇する。この振動数の上昇によりケーブル振動はたわみからローリングへと変化したのである（表-2）。 $(S_H, S_V) = (3D, 0)$ では、 $(S_H, S_V) = (2D, 0)$ の場合と同様に、ハード型の応答を示し、 $V = 20$ m/s のとき振動数 N は 1.2 から 1.6 Hz へ上昇する。このとき、 N は $\eta/D = 0.300 \sim 0.350$ で急激に上昇する。

表 1 下流側ケーブルの振動諸元

項 目	諸 元	項 目	諸 元
ケーブル径 D	0.050 m	固有振動数 N	1.16 Hz
模型長 l	1.550 m	対数減衰率 δ	0.0093
模型重量 W	5.04 kgf/m	Sc 数 $\frac{2W\delta}{\rho\pi D^2}$	31

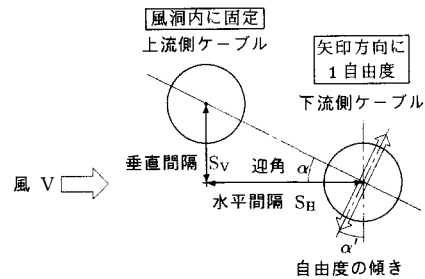


図 1 ケーブル模型の配置

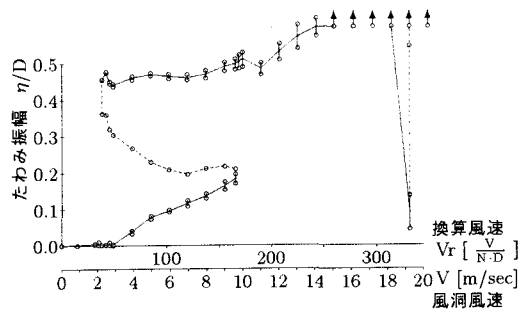


図 2 風速と振幅の関係： $(S_H, S_V) = (2D, 0)$ 、 $\alpha' = 0^\circ$

表 2 たわみとローリングの振動諸元の比較

項 目	た わ み	ローリング
固有振動数 N	1.16 Hz	1.63 Hz
対数減衰率 δ	0.0093	0.33

ここで 図-3, 4 より, N は風速 V に依存して上昇しており, $V \geq 5 \text{ m/s}$ では $\eta/D = 0.1 \sim 0.2$ の小振幅域と 0.5 の大振幅域での N の差がしだいに顕著となる. $S_H \geq 4D$ では, 特定の振幅で N は急に変化しない.

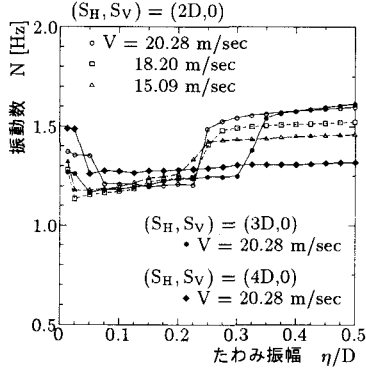


図 3 振幅と振動数の関係: $S_V = 0$

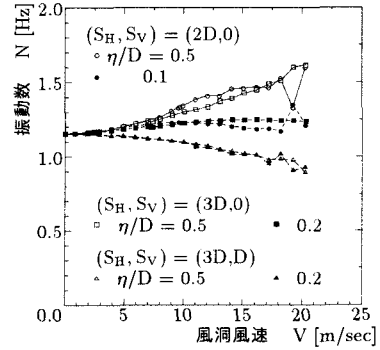


図 4 風速と振動数の関係

(2) $S_V \neq 0$ の場合

下流側ケーブルに有意な応答が生じた例として $(S_H, S_V) = (3D, D)$ の場合の風速と振幅の関係を 図-5 に, 振幅と振動数の関係を 図-6 に示す. $S_V \neq 0$ の場合には, $S_V = 0$ の場合にみられたように, 振動数 N がある振幅で急激に変化することはない. また, N は風速に依存しているが, 逆に減少している.

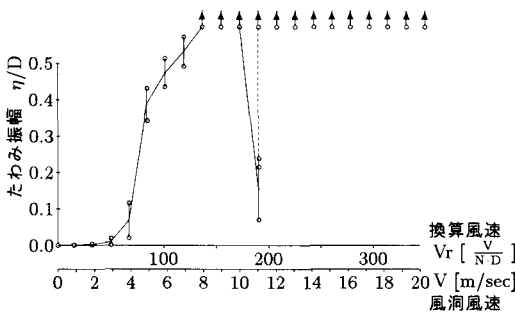


図 5 風速と振幅の関係: $(S_H, S_V) = (3D, D)$, $\alpha' = 0^\circ$

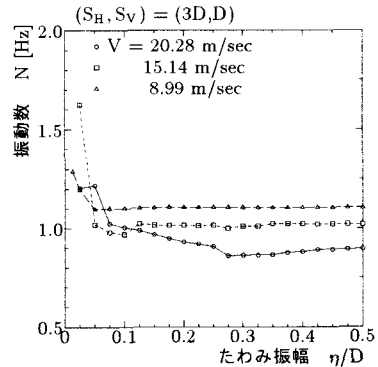


図 6 振幅と振動数の関係: $(S_H, S_V) = (3D, D)$

4. まとめ

ケーブル間隔が $2D \sim 3D$ の場合にみられた振動が変化する振幅を上・下流側ケーブルの相対迎角 α に換算すると, α は $5^\circ \sim 8^\circ$ となる. つまり, $\alpha < 5^\circ$ の小振幅域と $\alpha > 8^\circ$ の大振幅域では下流側ケーブルの N が大きく変化する. 実橋レベルにおいても大振幅で高次振動への移行の可能性を示すこの現象には, 下流側ケーブルに作用する定常揚力特性の変化²⁾ が密接に関連しているのではないかと考えられ, 今後, 検討する.

謝 辞

本研究は, 建設省土木研究所, (財)土木研究センターおよび民間 15 社からなる「斜張橋並列ケーブルの耐風制振に関する共同研究」の一環として実施したものである. また, きわめて有益な御示唆をいただいた京都大学工学部土木工学教室の松本 勝助教授に感謝いたします.

参考文献

- 1) 白土博通: 複次構造物の空気力学的挙動に関する研究, 博士論文, 京都大学, 1988 年.
- 2) 斜張橋並列ケーブルの耐風制振に関する共同研究: 平成 5 年度第 2 回中間報告会資料, 1994 年 2 月.