

I-B371 三次元弾性体模型を用いたウェークギャロッピングに関する検討

日本道路公団 ○谷中 慎
住友建設・ド・ビ・建設工業 春日 昭夫
三菱重工業 JV

日本道路公団 中須 誠
三菱重工業(株) 所 伸介

1. はじめに

流れ方向に並列配置された円柱に発生する空力振動として良く知られるウェークギャロッピングに対しては、過去に様々な検討が実施されてきた¹⁾。

現在建設中の掛斐川橋（エクストラードード橋）においては、最長長さ 94m の並列ケーブルが多数採用され、主塔側と桁側でケーブル間隔は異なるものの、いわゆるウェークギャロッピング及びウェークフラッターが発生する可能性のある領域として知られる W/D （ケーブル中心間隔／ケーブル径） $\approx 4.3 \sim 8.7$ に相当するため、風洞試験によって制振対策に関する検討を実施した。本稿はその概要及び結果について述べるものである。

2. 風洞試験概要

本検討では、下図に示す実物大三次元弾性体模型を用いた風洞試験を実施した。上記の模型を採用することによって、試験実施に際しては下記の長所があるものと考えられる。（ Re 数： $3 \times 10^4 \sim 2 \times 10^5$ ）

- ・ 風洞試験で測定される振幅を直接実機で発生する推定振幅として評価できる。
- ・ 鉛直支持のため、模型のサグの影響による主流・主流直角方向の振動数比の影響を考慮する必要がない。
- ・ 高次モードの発生に対しても同時に振動振幅の計測が可能である。

下表に実機及び模型の諸元を示す。

表 1 ケーブル諸元

項目	実機	模型
縮尺	—	1/1
ケーブル径 D	115mm	115mm
質量 m	53kgf/m	53kgf/m
振動数（1次） f^*	1.7Hz	1.8Hz
対数減衰率 δ	—	0.006
Sc 数($=2m \delta / \rho D^2$)	—	40

*実機では張力振動であるが、模型上は曲げ振動で置換している。
(模型の2次の振動数は実機の4次振動に対応)

また、下図には今回の試験パラメータとして、ケーブル間隔 W 、傾斜角 α の定義及び検討対象範囲をまとめて示す。

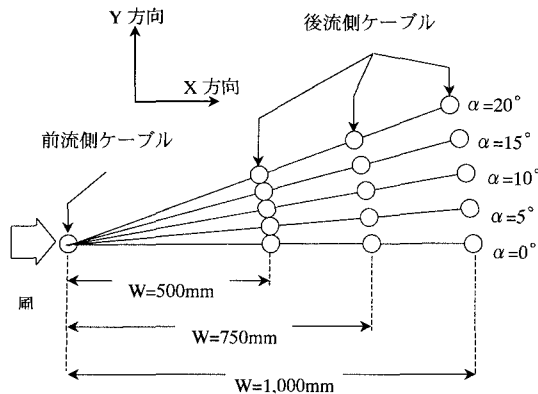


図2 ケーブル配置試験パラメータ

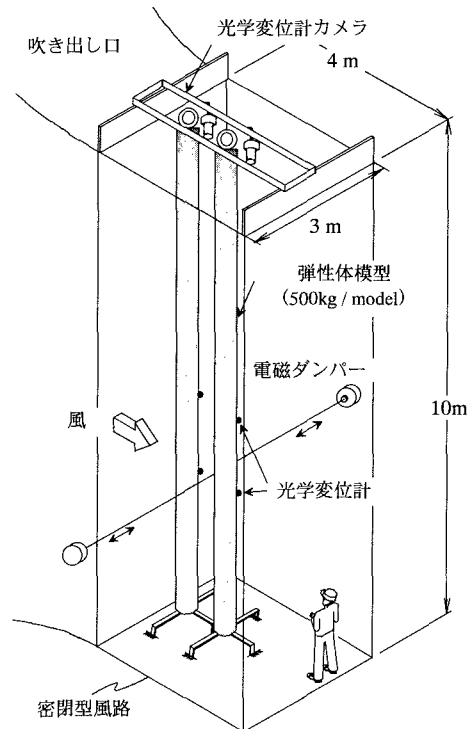


図1 試験実施状況

キーワード：並列ケーブル、ウェークギャロッピング、三次元弾性体模型、ウェークフラッター

日本道路公団 四日市工事事務所 〒510-0832 三重県四日市市伊倉1丁目2-14 Tel: 0593-53-5607 Fax: 0593-53-8445

3. 試験結果

- ① ケーブル間隔・傾斜角…ケーブル間隔 500mm・傾斜角 $\alpha=15^\circ$ の場合に、後流側ケーブルにウェークギャロッピングと思われる1次振動が最も顕著に発生した。（図3参照） その他のケーブル間隔（750mm, 1000mm）、傾斜角においては有為な振動の発生は認められず、高次振動（実機の4次振動）についても発生しなかった。
- ② 減衰の変化による影響…上記振動は $\delta=0.03$ 程度の付加減衰によってほぼ振幅が抑制される。（図4参照）
- ③ 振動数の変化による影響…実機の2次振動における特性を調べるために模型の振動数を変化させて試験を実施したところ、2次振動の振幅は微小であることが確認されたが、振動数を変化させると後流側ケーブルの振動方向が大きく変化する現象が認められた。（図5参照） また、既往の検討^[2]における振動数の変化による特性（発振風速は変化せず振幅のみが振動数に反比例する）と異なる傾向にあり、無次元風速でも整理できない現象が発現している。今回変化させた試験パラメータに対して、横軸に無次元風速・縦軸にレイノルズ数をとって前後流ケーブルを結ぶ軸と後流側ケーブルの振動主軸のなす角度について整理すると図6に示す特性が得られ、上記の現象は無次元風速とレイノルズ数の複雑な相互作用によって生じているものと推測される。

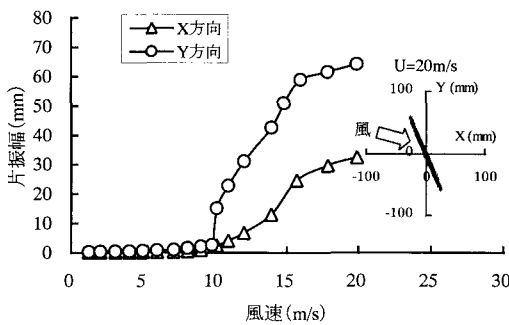


図3 応答図（ $\alpha=15^\circ$ ， $W=500\text{mm}$ ）

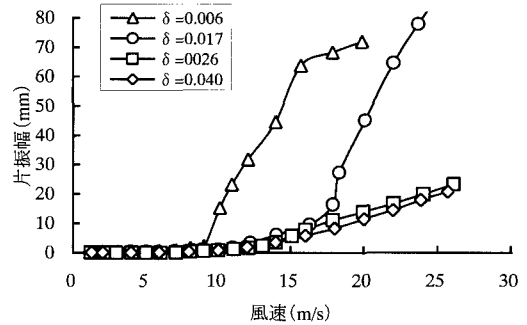


図4 減衰特性（同左、絶対振幅 $\sqrt{X^2 + Y^2}$ で整理）

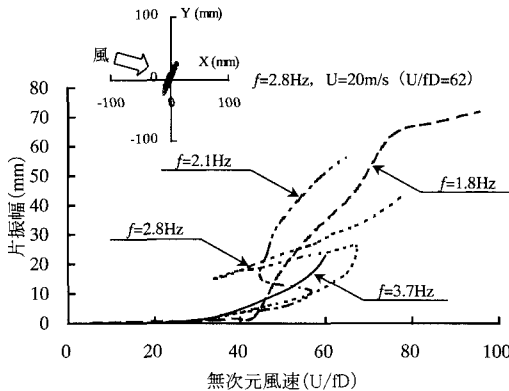


図5 振動数特性（同上、絶対振幅 $\sqrt{X^2 + Y^2}$ で整理）

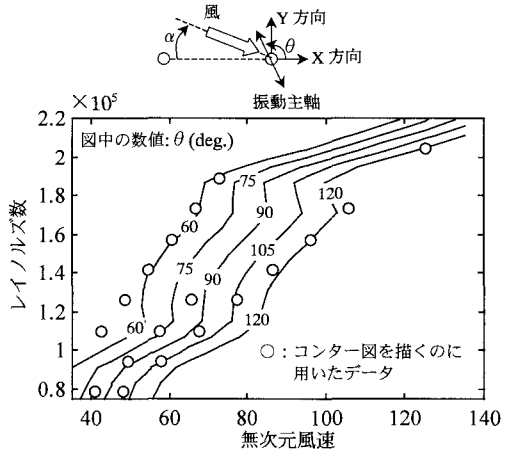


図6 後流側ケーブルの振動方向特性

4. あとがき

本検討で得られた結果から下記のことを考慮し、本橋のケーブルに対しては、高減衰ゴムダンパーを設置することが決定されていることを付記しておく。

- ・ 構造減衰が $\delta=0.03$ 程度あれば振動はほぼ抑制され、疲労の面からも問題のない振幅レベルになる。
- ・ 振動方向を特定することは困難であり、全振動方向に対する制振を考慮する必要がある。

【参考文献】 [1]例えば、N.Shiraishi, M.Matsumoto, S.Shirato, "On aerodynamic instabilities of tandem structures", JWEIA 23.
[2]建設省土木研究所, "斜張橋並列ケーブルのウェークギャロッピング 制振対策検討マニュアル (案)"