

I - 723

円形ならびにディンプル付きの並列ケーブルに斜風が作用した場合の
ウェイクギャロッピング特性について

川田工業㈱ 正 員 ○宮地真一 川田工業㈱ 正 員 米田昌弘
 川田工業㈱ 正 員 枝元勝哉 川田工業㈱ 正 員 望月秀之
 川田工業㈱ 正 員 瀬戸内秀規

1. まえがき 近年、並列ケーブル方式を採用した斜張橋を設計・施工するにあたっては、ウェイクギャロッピングの制振がきわめて重要な検討課題となっている。そこで、筆者らは、ウェイクギャロッピングの空力的対策として、ケーブル表面に図-1に示すようなディンプルを付与する手法を考案し、その制振効果を部分模型風洞試験によって確認している¹⁾。しかしながら、先の実験ではケーブルの並列配置方向に一樣な風を作用させる最も一般的な場合のみを対象としていたことから、本研究では、並列ケーブルに対して斜角を有する一樣流や格子乱流が作用する場合について、より詳細なウェイクギャロッピング特性を検討することとした。

2. 風洞試験の概要 本実験に使用した風洞は川田工業㈱所有の水平回流式ゲッチング型風洞（閉鎖型測定洞：幅2.0m×高2.5m×全長15.0m）である。ばね支持試験にあたっては、上流側ケーブルを風洞内の2次端板に固定し、下流側ケーブルを振動数が $f \approx 1.34$ Hzとなるように上下（鉛直）1自由度系でばね支持するものとした。なお、本実験では、直径 $D=76$ mmなるノーマルケーブルを並列配置したCASE-NNおよび直径 $D=78$ mmなるディンプル付きケーブルを並列配置したCASE-DDのそれぞれに対し、ケーブル中心間隔が $S=3D$ 、鉛直相対変位を $y_1=0.25D$ （ $\beta \approx 4.8^\circ$ なる斜風に相当）および $0.37D$ （ $\beta \approx 7.0^\circ$ なる斜風に相当）としたケーブル配置について検討を行うこととした。

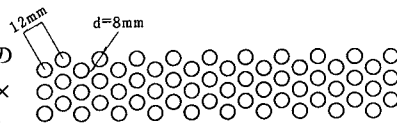


図-1 ディンプル配列 (MODEL-DM)

3. 試験結果と考察 ケーブルの鉛直相対変位を $y_1=0.25D$ および $0.37D$ としたCASE-NNの、一樣流試験で得られたV-A曲線（風速と応答振幅との関係図）をそれぞれ図-2、-3に示す。なお、以下において、スクルートン数 Sc のあとに括弧書きで示した構造対数減衰率 δ は $D=75.5$ mmなる標準規格ケーブルに換算した値である。図-2からわかるように、 $y_1=0.25D$ としたノーマルケーブルに一樣流を作用させた場合、ウェイクギャロッピングの発現風速は $Sc \approx 12.7$ （ $\delta \approx 0.003$ ）なるスクルートン数で $V_{cr} \approx 2.5$ m/sときわめて低く、 $Sc \approx 547.4$ （ $\delta \approx 0.143$ ）なるもとでも $V_{cr} \approx 7.0$ m/sと発現風速の大幅な上昇効果が認められない。また、図-3より、 $y_1=0.37D$ とした場合には、 $y_1=0.25D$ なる場合と比較し、ウェイクギャロッピングの振動振幅は小さいものの、発現風速は低風速側に移動していることがわかる。

次に、CASE-DDについて、 $y_1=0.25D$ 、 $0.37D$ なる場合の一樣流試験で得られたV-A曲線をそれぞれ図-4、-5に示す。これらの結果と図-2、-3をそれぞれ比較すればわかるように、CASE-DDにおけるウェイクギャロッピングの振動振幅は、 $V=5$ m/s程度以下の低風速域においてCASE-NNの結果をやや上回るものの、 $V=6$ m/s程度を境として大きく低減し、ディンプルによる制振効果が顕著に現れる結果となっている。また、図-4と図-5の比較から、一樣流が作用する $y_1=0.37D$ なる場合については、ディンプル付きケーブルと言えどもウェイクギャロッピングの励振力は小振幅域においてかなり強いと推察された。

以上の結果を踏まえ、 $y_1=0.37D$ なる場合のCASE-NNとCASE-DDのそれぞれについて、格子乱流中（乱れ強さが $I_u=5\sim7\%$ ）でばね支持試験を実施した。得られたV-A曲線をそれぞれ図-6、-7に示す。図-6からわかるように、格子乱流中のCASE-NNにおけるウェイクギャロッピングは、 $Sc \approx 93.0$ （ $\delta \approx 0.024$ ）なるスクルートン数で $V_{cr} \approx 9$ m/sと一樣流中の結果と比較し、かなり高風速域で発現している。また、図-7からわかるように、格子乱流中のCASE-DDについては、 $Sc \approx 33.1$ （ $\delta \approx 0.009$ ）なるもとでも $V=12$ m/s程度以下の風速域でウェイクギャロッピングはほとんど発現せず、ディンプル付きケーブルではウェイクギャロッピング特性に及ぼす乱れの効果がノーマルケーブルと比較しさらに大きく現れる結果となっている。

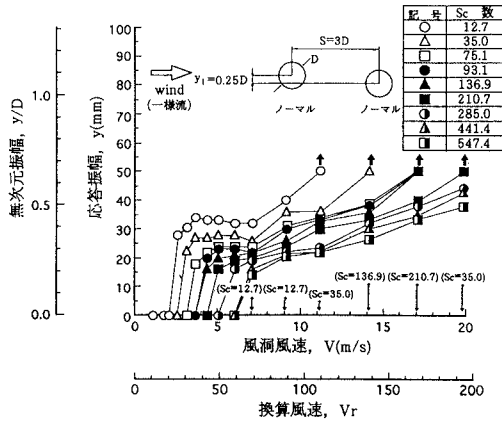


図-2 CASE-NNのV-A曲線 ($y_1 = 0.25D$, $I_u = 0\%$)

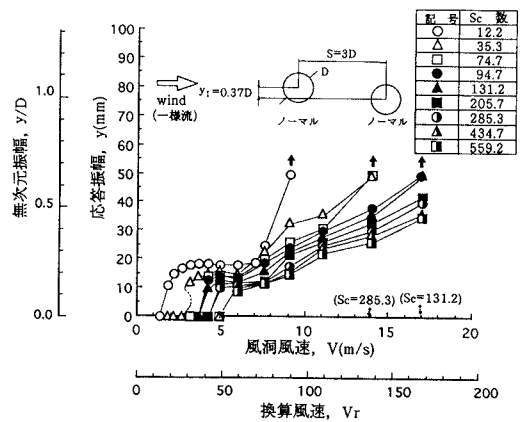


図-3 CASE-NNのV-A曲線 ($y_1 = 0.37D$, $I_u = 0\%$)

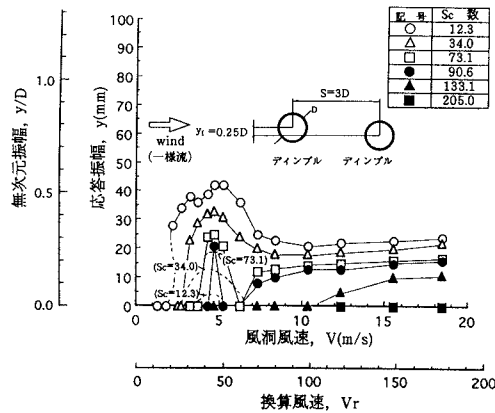


図-4 CASE-DDのV-A曲線 ($y_1 = 0.25D$, $I_u = 0\%$)

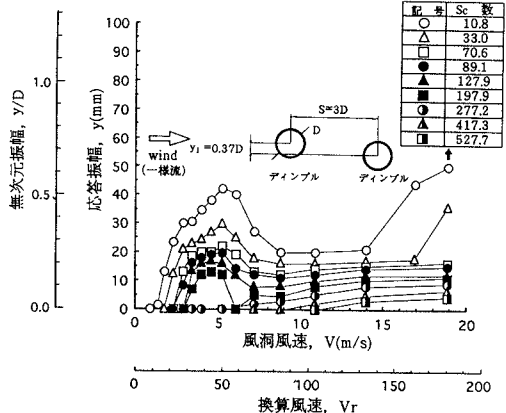


図-5 CASE-DDのV-A曲線 ($y_1 = 0.37D$, $I_u = 0\%$)

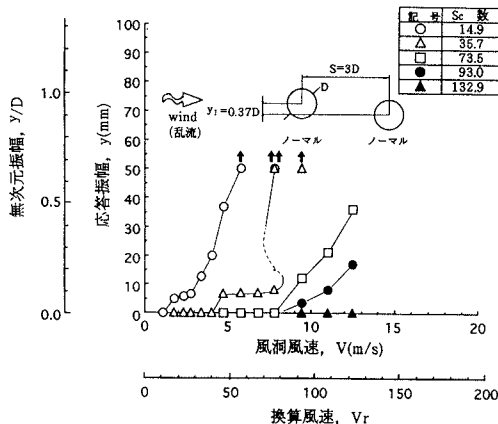


図-6 CASE-NNのV-A曲線 ($y_1 = 0.37D$, $I_u = 5 \sim 7\%$)

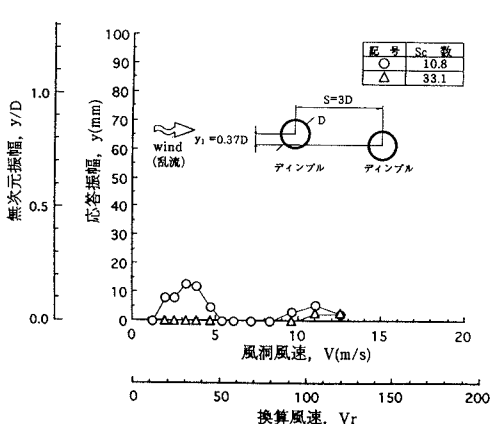


図-7 CASE-DDのV-A曲線 ($y_1 = 0.37D$, $I_u = 5 \sim 7\%$)

4. まとめ 中心間隔が $S=3D$ で鉛直相対変位が $y_1=0.37D$ なるケーブル配置に一樣流を作用させると、小振幅域において励振力がきわめて強いウェイクギャロッピングが発生する。しかしながら、ディンブル付きケーブルでは乱れの効果を期待でき、ダンパーによって若干の減衰を付加すれば、 $y_1=0.37D$ なる励振力のきわめて強いウェイクギャロッピングと言えども十分に制振できるものと考えられる。

【参考文献】1) 米田 他：ウェイクギャロッピングの空力的制振法に関する実験的研究，土木学会論文集，1994年12月。