

並列ケーブルの空力特性および制振対策に関する研究

八木知己*・白土博通*

1. 研究の目的

並列ケーブルにおいては、下流側のケーブルがウェイクギャロッピングやウェイクインデューストフラッターといった振動現象を発生することが知られている。特に、これらの振動はダンパー等での振動制御が困難であることから、新規の斜張橋においては、並列ケーブルが採用されることは皆無である。しかし、近年将来の拡張を見越して比較的長スパンのエクストラードード橋において、並列ケーブルが採用されるケースが見られ、供用後に空力振動が発生する可能性が否定できない。そこで本研究では、抗力低減ならびにレインバイブレーション対策として開発されたスパイラル突起付きケーブル^{1,2)}を並列ケーブルに応用した際の空力安定化効果について検討を加えた。

2. 研究の方法

本研究では、ばね支持自由振動応答実験、非定常空気力測定実験等の風洞実験結果を参考に、スパイラル突起付きケーブルを並列ケーブルに応用した際の耐風安定性について考察した。本研究で使用した模型は、通常ケーブル模型として直径 $D=50\text{mm}$ 、長さ $L=900\text{mm}$ の円形断面を有するアルミニウム製パイプを2本用いた。さらに、スパイラル突起付きケーブル模型として円柱模型と同様の半径 D 、長さ L の円柱を用意し、表面に螺旋状のゴム突起を巻き付けることでスパイラルケーブルの模型とした。この際、実橋での供用を見据えたケーブルの相似模型とするため、ゴム突起の高さ τ を 2.4mm 、表面粗度 ϕ を 0.048 、突起の幅を 1.5mm とした。また、ゴム突起の巻き付け本数及び角 γ については 12 本、 27° とした(図1参照)。ゴム突起の巻き付け本数及び角を決定するにあたって、表面形状に着目した既往の研究^{1,2)}を参考にしている。2本のケーブル模型の配置は、ケーブル径 D を基準に模型の中心間距離で設定し、流下方向(X 方向)に $2.5D \sim 11D$ 、風向と直角をなす方向(Y 方向)に $0 \sim 4D$ の範囲で検討を行った(図2参照)。上流側のケーブル模型は固定とし、下流側のケーブル模型の空力安定性を検討した。

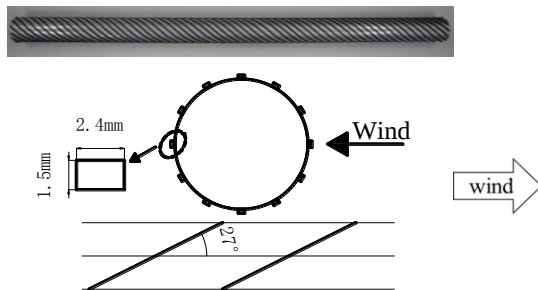


図 1 スパイラル突起付きケーブル模
型

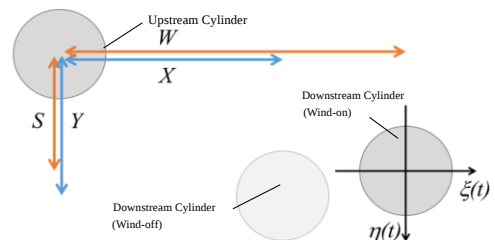


図2 並列ケーブルの配置
無風時: X-Y, 有風時の振動中心位置: S-W

3. 得られた成果

以下に本研究で得られた成果は以下の通りである．

- 1) スパイラル突起を装着することにより，抗力係数 C_d 及び変動揚力係数 C_l' の値が円柱の値と比較して小さくなることが明らかとなった．したがって，スパイラル突起によってカルマン渦の放出が抑制され，ケーブル断面周りの時間平均剥離流れの曲率が小さくなっていることが示唆された．
- 2) 上流側模型・下流側模型の両方をスパイラル突起付き模型とした場合が，最も安定化することが明らかとなった．したがって，スパイラル突起付きケーブルをウェイク振動対策として応用することが可能であることが示唆された．また，下流側模型（振動する模型）をスパイラル突起付き模型とした場合，顕著な制振効果が確認された．この原因は，スパイラル突起による流れの3次元的效果によるものと推測される．
- 3) さらに，上流側模型のみをスパイラル突起付き模型とした場合，上流側模型が円柱である場合と比較して不安定なウェイクギャロッピング（1自由度フラッター）の発現が見られたケースが確認された（ $X/D=7$, $Y/D=0$ のケース）．これは上流側模型のカルマン渦が抑制されたことに起因すると考えられる．下流側模型（円柱）に作用するカルマン渦が抑制されたことにより，空力不安定振動に干渉する効果が小さくなり，応答が不安定化したものと考えられる．
- 4) 上流側模型・下流側模型をともに円柱とした場合にウェイクインデューストフラッター（2自由度連成フラッター）の発現するケースでは，上下流いずれかの模型をスパイラル突起付き模型とすることで応答が安定化することが明らかとなった（ $X/D=3$, $Y/D=2$ や $X/D=7$, $Y/D=2$ のケース）．この原因についてはさらなる検討が必要である．

4. 謝 辞

本研究は，神鋼鋼線工業株式会社より委託されたものであり，関係各位に謝意を表す．

参 考 文 献

- 1) 八木知己，岡本健吾，榊一平，頃安弘，白土博通，梁子豊，成田周平：表面形状を考慮した斜張橋ケーブルの抗力低減と空力安定化に関する研究，第21回風工学シンポジウム論文集，pp.263-268，2010
- 2) Tomomi Yagi, Kengo Okamoto, Ippei Sakaki, Hiroshi Koroyasu, Zifeng Liang, Shuhei Narita, Hiromichi Shirato: Modification of surface configurations of stay cables for drag force reduction and aerodynamic stabilization, Proceedings of the 13th International Conference on Wind Engineering, Amsterdam, The Netherlands, July 10-15, 2011, 2011