

斜張橋ケーブルの空力振動の制振に関する研究

京都大学大学院 学生員 藤井大三

京都大学工学部 正会員 松本 勝

京都大学工学部 正会員 白土博通

J R 西日本 正会員 青木 淳¹⁾㈱石川島播磨重工業 正会員 北山暢彦²⁾

京都大学大学院 学生員 大東義志

1) 研究当時 京都大学大学院生 2) 研究当時 京大学生

1. はじめに

近年、レインバイブレーションをはじめとする斜張橋ケーブルの空力振動現象が数多く報告されており、その空力的な制振対策の一例として平行突起ケーブルが考案され、その実橋における制振効果も報告されている [1]。しかし、この平行突起ケーブル模型が風洞実験において無雨時の高風速乱流中で不安定化したことが報告されている [2]。そこで、本研究では、ケーブルの空力的不安定性の要因と考えられる軸方向流、ケーブル表面への水路形成、カルマン渦放出の3次元性 [3] を考慮しそれらを抑制する意味で、あらたに楕円板付きケーブル (Fig.1) を提案し、その間隔や大きさ、厚さを変化させることによる制振効果について報告する。

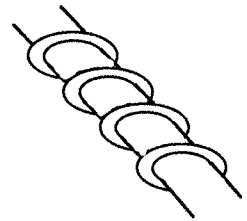
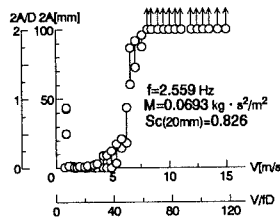
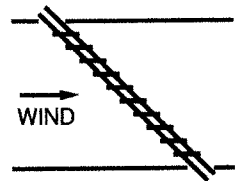


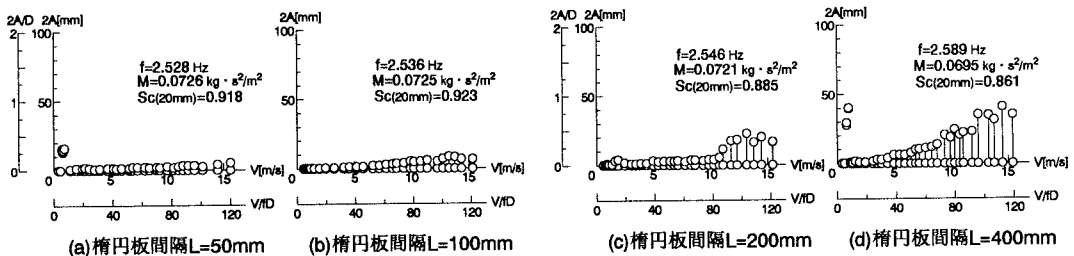
Fig.1 楕円板付きケーブル

2. 楕円板付きケーブルの応答特性

本研究では、まず円断面ケーブルで発散型振動が顕著に発生する (Fig.2) と考えられる水平風向偏角 $\beta = 45^\circ$ に楕円板付きケーブルをローリング拘束をせずに鉛直バネ支持して自由振動実験を行った。ここで楕円板付きケーブルとは、直径 $D=50\text{mm}$ のアルミニウム製円柱パイプに 2mm 厚のスチロール製の楕円板を間隔 $L=50\text{mm}(1D), 100\text{mm}(2D), 200\text{mm}(4D), 400\text{mm}(8D)$ に変化させて、Fig.3 に示すように模型中央で対

Fig.2 円断面ケーブルの
応答特性 ($\beta = 45^\circ$)Fig.3 楕円板付きケーブル
の設置状況

称となり楕円板を主流方向と平行になるように付着させたものであり、楕円板の大きさは内径が長径 $50\sqrt{2}\text{mm}$ 、短径 50mm 、外径が長径 $70\sqrt{2}\text{mm}$ 、短径 70mm (楕円板幅 $W=10 \sim 10\sqrt{2}\text{mm}$) とした。Fig.4 に、楕円板間隔 L を変化した場合の楕円板付きケーブルの応答特性 ((a) $L=50\text{mm}$, (b) $L=100\text{mm}$, (c) $L=200\text{mm}$, (d) $L=400\text{mm}$) を示す。これより円断面ケーブルでは無次元風速 $V/1D=40$ 付近から発散型振動が発生している (Fig.2) のに対して、Fig.4(a) $L=50\text{mm}$, (b) $L=100\text{mm}$ ではほとんど振動は発生していない。(c) $L=200\text{mm}$

Fig.4 楕円板付きケーブルの応答特性 ($\beta = 45^\circ$)

(d) $L=400\text{mm}$ に関しても、高風速になるにつれて応答が大きくなるものの発散型振動は発生していない。このことから、楕円板間隔 L を小さくするほど応答は小さくなり、発散型振動は発生しにくくなっているといえる。これは、主として楕円板により軸方向流れが弱められカルマン渦放出の3次元性に起因する低周波の渦放出が妨げられたことによるものと考えられる。また $V/fD=5$ 付近のカルマン渦励振に関しては、(d) $L=400\text{mm}$ では円断面ケーブルとほぼ等しい応答を示しており、(a) $L=50\text{mm}$ 、(c) $L=200\text{mm}$ の順に応答が小さくなり、(b) $L=100\text{mm}$ では渦励振は生じていない。この (b) $L=100\text{mm}$ で渦励振が生じない現象については今後十分な検討を要するものと考えられる。

また Fig.5 に楕円板幅 $W=5 \sim 5\sqrt{2}\text{mm}$ と小さくした場合の楕円板付きケーブルの応答特性 ((a) $L=100\text{mm}$ 、(b) $L=400\text{mm}$) を示す。これを見ると、Fig.5(a) $L=100\text{mm}$ では楕円板幅 $W=10 \sim 10\sqrt{2}\text{mm}$ の応答特性 (Fig.4(b)) とほぼ同様の特性を示していることがわかる。

ここでは $L=50\text{mm}$ と $L=200\text{mm}$ の応答特性は示さないが、Fig.5(a)と同様の傾向を示す。

しかし、(b) $L=400\text{mm}$ においては $V/fD=40$ 付近から発散型振動が発生しており、円断面ケーブル (Fig.2) と同様の特性を示していることがわかる。このことから、楕円板間隔が適当であれば楕円板を小さくしても発散型振動の発生を防止することができると考えられる。

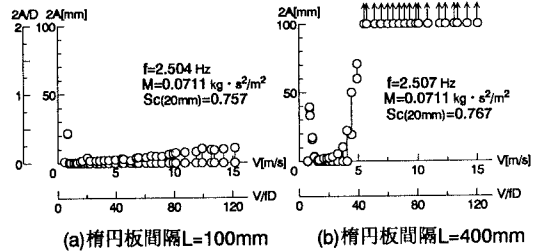


Fig.5 小楕円板付きケーブルの応答特性 ($\beta=45^\circ$)

3. 楕円突起付きケーブルの応答特性

楕円板付きケーブルの施工・景観上の点を考慮したより実用的な断面として、楕円板間隔 $W=5 \sim 5\sqrt{2}$ の楕円板を 10mm 厚の突起状にして突起間隔 $L=25\text{mm}$ で付着させた楕円突起付きケーブル (Fig.6) をローリング拘束をせずに鉛直バネ支持して自由振動実験を行ったときの応答特性を Fig.7 に示す。

楕円突起付きケーブルは楕円板付きケーブルと同じく Fig.3 のように設置した。これより、カルマン渦励振による応答は円断面ケーブル (Fig.2) とほぼ等しいものの、発散型振動は抑制されていることが分かる。

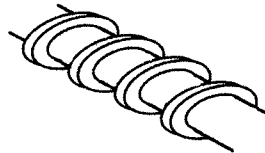


Fig.6 楕円突起付きケーブル

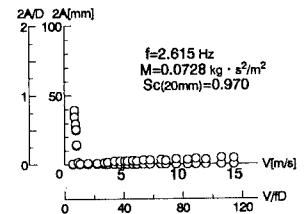


Fig.7 楕円突起付きケーブルの応答特性 ($\beta=45^\circ$)

4. 結論

- (1) 楕円板付きケーブルの制振効果が応答特性から確認された。またその理由として、楕円板によってケーブル背後の軸方向流れが弱められ流れが2次元的になるために安定化するものと考えられる。
- (2) 楕円板を小さくしてもその間隔が適当であれば十分な制振効果がある。
- (3) 楕円突起付きケーブルも制振効果があると考えられる。

参考文献

- [1] 岸 明信, 北沢正彦, 齊藤 通, 尾崎 保: 東神戸大橋平行突起ケーブルの実橋振動, 土木学会第 48 回年次学術講演会講演概要集, 1993 年。
- [2] 本州四国連絡橋公団海洋架橋委員会: 本四連絡橋の海洋架橋技術に関する調査研究耐風報告書, 1993 年。
- [3] 松本 勝, 青木 淳, 山岸 稔, 藤井大三, 白土博通: 斜張橋ケーブルの空力振動現象に関する研究, 第 13 回風工学シンポジウム論文集, 1994 年。