

I-210

「円柱ケーブルの渦励振に関する研究」

○三菱重工業株式会社 正員 藤本 信弘

本州四国連絡橋公団 正員 大橋 治一

三菱重工業株式会社 正員 本田 明弘

1. まえがき……斜張橋ケーブル、吊橋ハンガーロープ等橋梁に用いられる吊材として、円柱ケーブルが用いられる事が多く、斜張橋ケーブルのレインバイブレーションに関しては多くの研究が実施されている。

本研究では、吊橋のハンガーロープの渦励振に着目し、従来より用いられているストランドロープの1種であるCFRC・平行ケーブルを被覆をする為に想定されるPE管及びPE管に対する制振対策を対象として風洞実験を行なった結果を報告する。

2. 実橋ハンガーロープの減衰……渦励振等の空力振動を検討する為には、ケーブルの構造減衰が重要な役割を示す。大島大橋のCFRCのハンガーロープ(図1, 2)を用いた実橋ケーブルの減衰計測を実施した。加振は人力による周期加振を行ない、ハンガーに取り付けた加速度計からの出力によって減衰を求めた。本橋のハンガーは、4本のくらがけ型となっており、1本のハンガーを加振した場合に隣接するハンガーにも振動が伝わる場合も見られ、また風速1m/s以下のほぼ無風時と風速6~8m/sの有風時とで同一ハンガーを加振した場合の減衰が大きく異なる事も確認できた。図3には、最長ハンガーの減衰波形を示すが $\delta \simeq 0.003$ と小さな値を示す事が判る。

3. 風洞試験……風洞試験に用いた模型は縮尺1/1の2次元剛体模型で、CFRCケーブルは模型重量軽減の為鋳込み模型を、PE管は実物PE管に剛性棒を挿入して用いた。尚ケーブル外径は、CFRC54mm, PE管76mmである。

①抗力係数~風洞内にて風速約40m/sまで上げて得られた結果を図4に示す。PE管はCFRCに比べて大きな値を示しているが、レイノルズ数 1.5×10^5 付近より急減している。この事は、PE管では風速約30m/sまでは、断面まわりの流れにさほど差異はないことを示している。

②渦励振~風洞内にて模型をバネ支持し、風を吹かせて得られた応答は渦励振のみであり、その時の最大応答振幅と、構造減衰より求めた質量減衰パラメータとの関係を図5, 6に示す。図中には、模型振動数及び質量を変化させた場合の結果も示してあり、CFRC及びPE管に関してはほぼ下式で表わされた。

$$\begin{array}{ll} \text{(CFRC)} & \eta/D = 0.63 \left(m\delta / \rho D^2 \right)^{-1.57} \\ \text{(PE管)} & \eta/D = 0.80 \left(m\delta / \rho D^2 \right)^{-1.41} \end{array}$$

これより、ケーブルとしてPE管を採用した場合、発生する渦励振振幅は増大する事が判る。また、PE管に対して図7に示す突起を螺旋状に巻きつけた場合、振動数4.6Hz(渦励振発生風速約2m/s, レイノルズ数 1×10^4)では若干振幅が大きくなる傾向にあるが、振動数9.2Hz~17.9Hz(渦励振発生風速4~8m/s, レイノルズ数 $2 \sim 4 \times 10^4$)の範囲ではCFRCよりも振幅が小さくなり、傾きも急峻となる事が判る。

4. まとめ……吊橋のハンガーロープ等に用いられる円柱ケーブルに対して以下の知見が得られた。

- ①実物の減衰は小さく、今回得られた最低値は、 $\delta = 0.003$ 程度である。
- ②CFRCとPE管被覆を施したものとでは、後者の方が渦励振に対しては不利となる傾向にある。
- ③PE管被覆を施したものに、螺旋状の突起を添架する事によって、安定化を計ることができる。

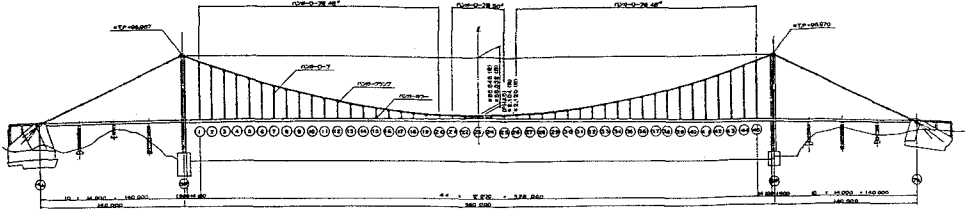


図 1. 大島大橋 全体図

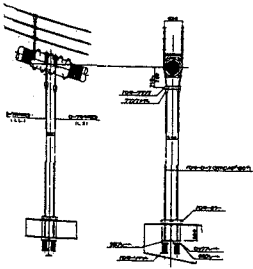


図 2. ハンガーロープ詳細

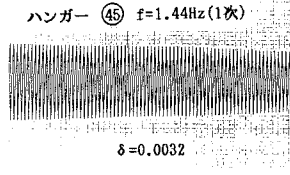


図 3. ハンガーロープ減衰波形

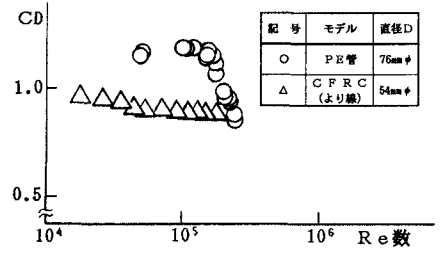


図 4. 抗力係数の比較

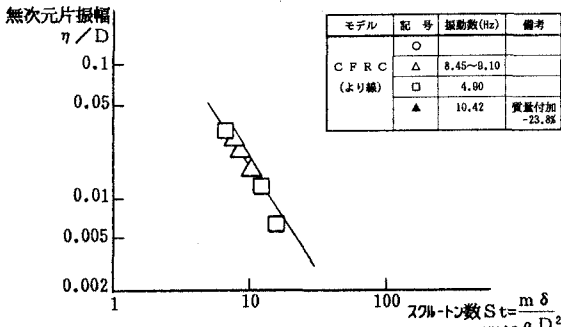


図 5. 渦励振振幅と質量減衰パラメータの関係 (CFRC)

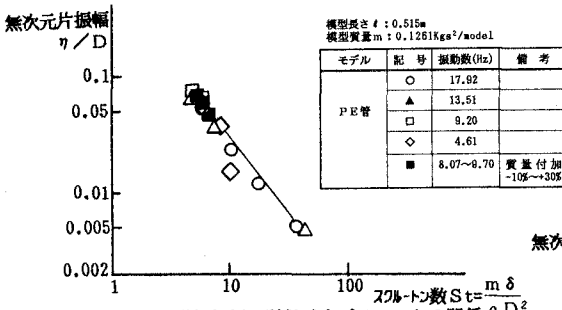


図 6. 渦励振振幅と質量減衰パラメータの関係 (PE管)

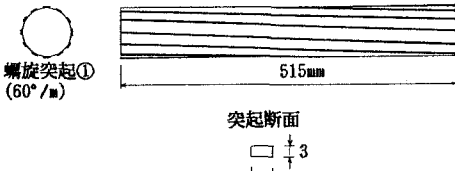


図 7. 渦励振対策形状

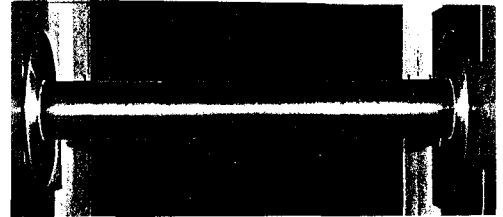
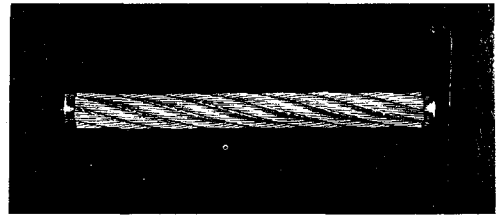


写真 1. 風洞実験模型

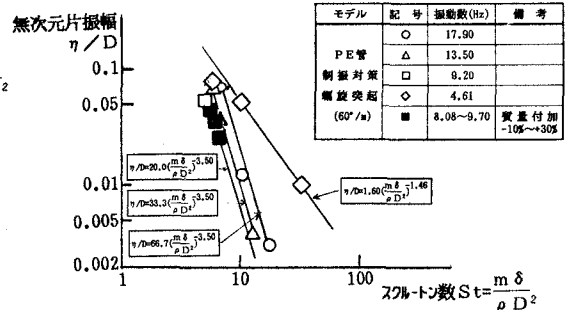


図 8. 渦励振振幅と質量減衰パラメータの関係 (対策形状)