

I-348 ケーブルのモード減衰性状について

埼玉大学 正員 山口 宏樹
栗本鉄工 酒井 澄人

1. まえがき

送電線、通信線、斜張橋ケーブル等は風によりギャロッピング振動を起し易いとされ、実際にも多くの事例が報告されている。そのときの振動応答モードは必ずしも最低次モードではなく、この原因の一つとしてケーブルの構造減衰のモード間における差が考えられる。本研究はこのケーブルのモード減衰性状を明らかにすることを目的とするものであり、本報告は前報¹⁾に続いて行ったスパン長の長いケーブルについての振動実験の結果、およびケーブルのモード減衰性状に関する総合的な考察を示すものである。

2. 模型ケーブルによる減衰振動実験

実験方法はスパン長 l を2.05mから7.35mと長くしたことを除けば前報と全く同じである。模型ケーブルは、素線径 0.5mmの7本よりワイヤーロープ(伸び剛性 $EA=2.45 \times 10^4$ Kg, 破断強度 $T_B=280$ Kg)に釣具として市販されている鉛製のおもり(15.1g/個)を付加重量として9.52cm間隔で取り付け、ケーブルの単位長さ当たり重量 w を0.17kg/mに設定した。各モード減衰は振幅に依存するため、結果はすべてモード最大振幅がスパン長の0.24%の場合に統一し、整理している。

3. 結果および考察

(1) 各モード減衰の比較 Fig.1 は各振動モードの対数減衰率 δ について横軸にサグ比 γ を採って示したものである。サグ比が大変小さい場合および比較的大きい場合を除くと、面内対称モードの減衰が他のモードに比べて非常に大きく、あるサグ比で最大となっている。他のモードの減衰についてはほとんど差はないが、サグ比の増大とともに多少大きくなること、面外モード減衰のほうが面内モード減衰より小さ目であること等が傾向として認められる。

(2) 変動張力のモード減衰への寄与 ケーブルのモード減衰の要因の一つとしてヒステリシスエネルギーによる内部減衰が考えられるが、そのヒステリシスエネルギーは変動張力(あるいは変動ひずみ)に依存する²⁾。

Fig.2は対称1次のモード減衰と対応する変動ひずみ解析値を示したものであるが、スパン長によらず、両者のサグ比に対する変化の様子は大変よく対応している。変動張力が最大となるのは対称モード特有のモード遷移点であって、そのモードの遷移領域で変動張力およびモード減衰が大きくなっているといえる。なお、逆対称モード、面外モードの変動張力は線形理論では大変に小さく、モード減衰が小さいことと適合している。

モード減衰と変動張力との関係をさらに詳しく見るために、横軸に変動ひずみ、縦軸に対数減衰率を採って両対数紙にプロットしたものが Fig.3である。モード遷移

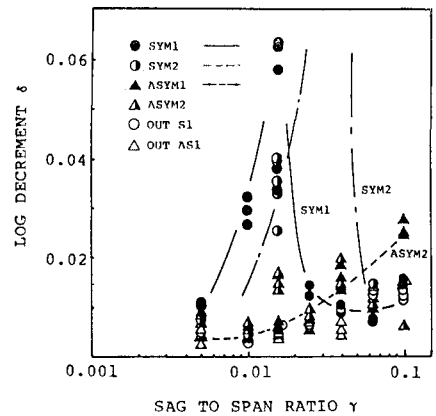
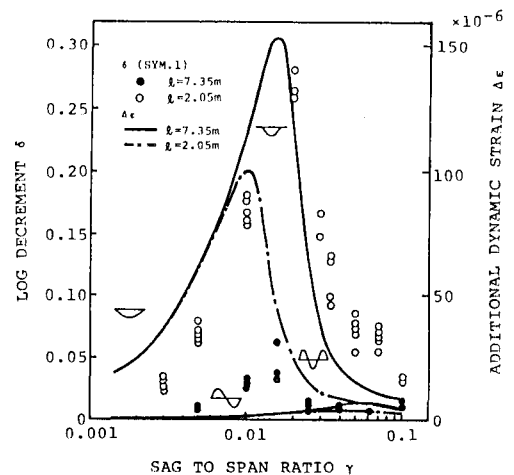
Fig. 1 各モード減衰の比較 ($l=7.35$ m)

Fig. 2 サグ比に対するモード減衰および変動ひずみ

点より小さなサグ比 ($\gamma < 0.015$) の場合、実験値は図中に示した傾き2の直線によく載っており、モード減衰が変動ひずみの2乗、つまりヒステリシスエネルギーに比例していることがわかる。ただし、同一のケーブルであるにもかかわらずスパン長によりその直線が異なっており、スパンの長いほうがモード減衰が小さくなっている。この原因としては後述する初期張力の影響が考えられる。なお、サグ比の大きい場合にヒステリシスエネルギーとの対応が悪くなっているが、変動張力評価時の非線形項の影響¹⁾、初期張力の影響等が考えられよう。

(3) モード減衰に及ぼす初期張力の影響 ロープの振動減衰についてはこれまでにいくつかの実験的研究がなされており³⁾⁻⁵⁾、弦とみなし得るほどサグの小さなケーブルの対称1次モードを対象として、初期張力の影響についての考察が加えられている。それらのデータを比較して考察するため、初期張力 T_0 を破断強度 T_B で無次元化して横軸に採り、同一のグラフに整理したのが Fig.4である。図よりわかるように T_0/T_B が10%程度までは対数減衰率が大きく変化し、初期張力が小さいほど減衰が大きく、またある程度の初期張力が入ると、例えば T_0/T_B が20%以上では減衰がほぼ一定となっている。これはケーブルが素線の集合体であって、素線間の摩擦力が初期張力に依存して変化し、大きな初期張力の導入により素線間の相対的運動が拘束されて減衰が小さくなるものと考えられよう。

Fig.5は本研究での結果を、変動張力が大変小さく影響のない逆対称モード、面外モードについてプロットしたものである。本研究での実験では T_0/T_B が10%以下であって、初期張力に依存して減衰が変化しており、その傾向はスパン長、振動モードによらず一定している。同じケーブルに対しスパンが長ければ初期張力は大きく、従って減衰も小さくなることが Fig.5からわかるわけで、(2)での対称モード減衰のスパン依存性はこれが原因と考えられる。

4. まとめ

以上により、ケーブルのモード減衰性状についてかなりの部分を明らかにできたと考える。しかし、本研究では支点を剛支持としているのに対し、実際の送電線、通信線等では支点が動き得る弾性支持であることから、今後支点の影響について研究を続ける必要があろう。

【参考文献】

- 1) 下菊, 山口, 藤野: ケーブルのたわみ振動におけるモード減衰特性, 土木学会第40回年次講演会 I, pp.527-528, 1985.
- 2) 辻, 加納: ワイヤロープの減衰能, 建設コンサルタンツ協会近畿支部第13回業務研究発表会, pp.73-86, 1980.
- 3) 原, 上田: ワイヤロープの振動減衰性について, 土木学会第21回年次講演会 I, pp.37-1-2, 1966.
- 4) 西村, 広中, 新家: ロープの振動特性に関する実験的研究, 土木学会第32回年次講演会 I, pp.334-335, 1977.
- 5) 田中, 玉井, 原口: 斜張ケーブルの減衰率について, 土木学会第40回年次講演会 I, pp.525-526, 1985.

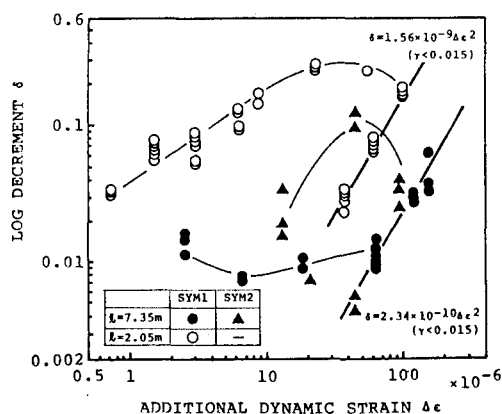


Fig. 3 モード減衰と変動ひずみの関係

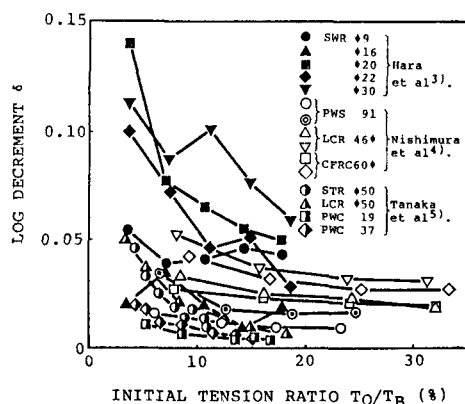


Fig. 4 対数減衰率と初期張力との関係

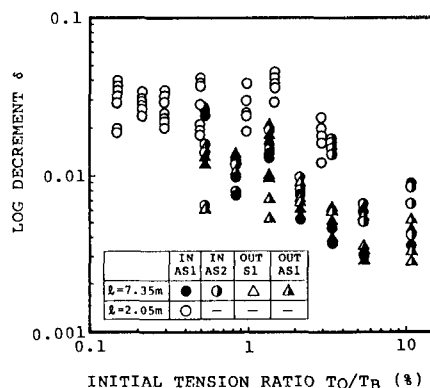


Fig. 5 モード減衰への初期張力の影響