

大和ハウス 正員 市川 喜雄
埼玉大学 正員 山口 宏樹

1. まえがき

ケーブルの風等による振動が問題となることの多い昨今、ケーブルの減衰性状の解明が、振動応答の予測、合理的な制振策の開発のために重要となる。著者らはケーブルのモード減衰について、その主要因が内部減衰であること等を明かにしてきた^{1), 2)} が、支点減衰の影響については未解明であった。そこで本研究では、粘性減衰支持ケーブルを用いた振動実験から、モード減衰における支点減衰の寄与について考察を加えた。

2. 模型ケーブルによる振動実験及び固有振動解析

模型ケーブルおよび弾性支点の鋼板ばねは文献²⁾と同様であり、二種類の柔支持条件Support 1, 2²⁾を対象とした。本研究における実験では支点での振動減衰をパラメータとして考え、支点到粘性減衰を与える減衰器を取り付けた。減衰器は Fig.1に示すように支点から張り出したアクリル板を水槽内に設置したもので、水深 h を 0, 9, 18cm と変えることで、3種の支点減衰を得た。それぞれの水深 h に対する減衰特性はケーブルを吊る前の支点単体について実測により求めたが、小振幅時でそれぞれ、約0.05, 0.1, 0.3程度である。実験方法はケーブルを所要のサグ比に設置し、対称1次固有振動数で強制加振した後の自由減衰振動及び支点のひずみ応答を測定し、固有振動数、対数減衰率で表したモード減衰、支点変位振幅を求めた。また、固有振動解析には有限要素法を用い、固有振動数、固有モード、変動ひずみを算出した。実験方法及び解析についての詳細は参考文献を参照されたい。

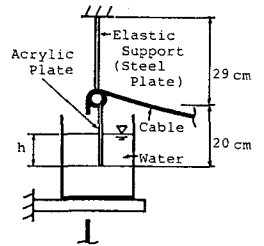


Fig.1 Support

3. 結果及び考察

Fig.2にサグ比に対する各 h での対称モードと逆対称モードの固有振動数の変化を示した。サグ比の増加とともに対称、逆対称の固有振動数の大小が逆転し、モード形状が変化するモード遷移領域が存在しており、この領域において変動ひずみが大きくなってその2乗に比例する内部減衰が増加することが予想される。実際、Fig.3はサグ比に対するモード減衰の変化を各 h に対し傾向曲線とともに示したものであるが、それぞれのモード減衰は前述のモード遷移領域内のサグ比でピークを取っている。前論文と同様、解析によって得た変動ひずみに対してモード減衰の値を両対数紙に示してみると Fig.4のようになる。支点での減衰の小さい $h=0$ の場合、データは傾き2の直線に載る傾向を示しており、 $h=0$ のモ

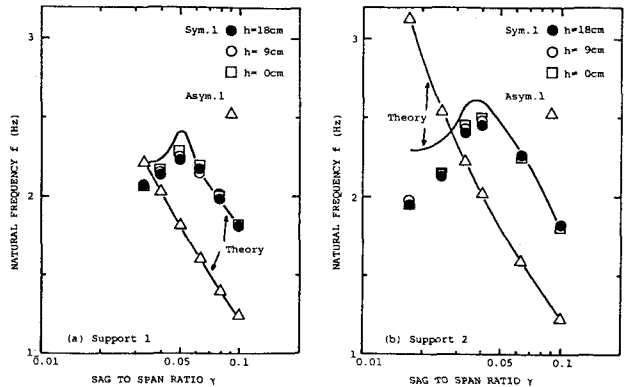


Fig.2 Natural frequency versus sag to span ratio

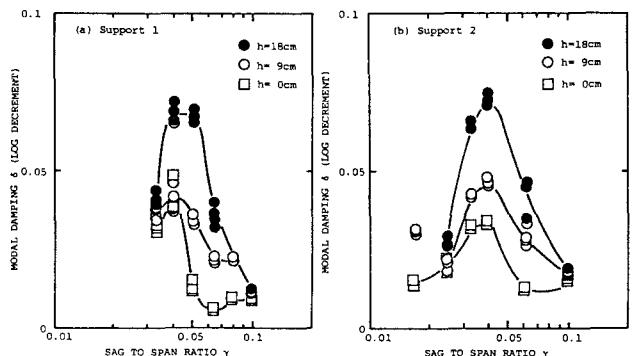


Fig.3 Modal damping versus sag to span ratio

ード減衰はそのほとんどが内部減衰であると判断できる。これに対し、支点減衰の大きい $h=9, 18\text{cm}$ の場合、データは内部減衰を表すこの傾き2の直線から上に大きくずれており、 $h=9, 18$ としたときのこのモード減衰の増分が支点減衰の寄与分であると考えられる。言い換えれば、ケーブルのモード減衰は内部減衰と支点減衰の和として与えられる。

Fig.3 で支点減衰の差異によるモード減衰の違いをもう少し詳しく見てみると、特に h を 9cm から 18cm と支点減衰を増加させた場合、モード遷移領域内の減衰の大きいサグ比に対して両者のモード減衰の差が大きく、逆に遷移領域外（ $\gamma=0.025$ あるいは 0.1 等）では支点減衰による差がなくなっていることがわかる。これは Fig.5 に示すように固有振動時の支点変位振幅がモード遷移領域で大きくなるためと考えられ、Fig.3 にお

けるモード減衰増分のサグ比に対する変化は Fig.5の支点振幅の変化に大変よく対応している。 $h=9\text{cm}$ から $h=18\text{cm}$ と支点減衰を増した時のモード減衰の増分 $\Delta\delta$ と支点振幅との関係をより定量的にみるために、各サグ比でのモード減衰実験値から平均的 $\Delta\delta$ を求め、支点モード振幅 ϕ_s （支点振幅 A_s をモード最大振幅 A で無次元化したもの）に対して両対数紙にプロットしたのが Fig.6 ある。ばらつきは認められるものの、弾性支持条件によらず傾き2の直線に載る傾向がはっきり存在している。このモード減衰増分はまさに支点減衰のみがもたらすものであるから、ケーブルのモード減衰における支点減衰の寄与分は支点変位振幅の2乗に比例するといえる。

4. まとめ ケーブルのモード減衰に支点減衰がどのように寄与するかを実験的に示したが、理論的にもある程度の説明がなされている³⁾。これまでの研究と合わせ、端部を含めたケーブルのモード減衰性が十分把握できたと考え。今後はこの特性を踏まえ、高減衰ケーブルの開発を試みたい。

【参考文献】1)Yamaguchi, H. et al.: Modal Damping of Flexural Oscillation in Suspended Cables, Structural Eng./Earthquake Eng., Vol.4, No.2, pp.413s-421s, Oct. 1987. 2)Yamaguchi, H. et al.: Effects of Support Flexibility on Modal Damping of Cables, Structural Eng./Earthquake Eng., Vol. 5, No.2, pp.303s-311s, Oct. 1988. 3)山口宏樹：支点減衰を有するケーブルのモード減衰，埼玉大学建設系研究報告，第18巻，pp.31-42，1988年12月。

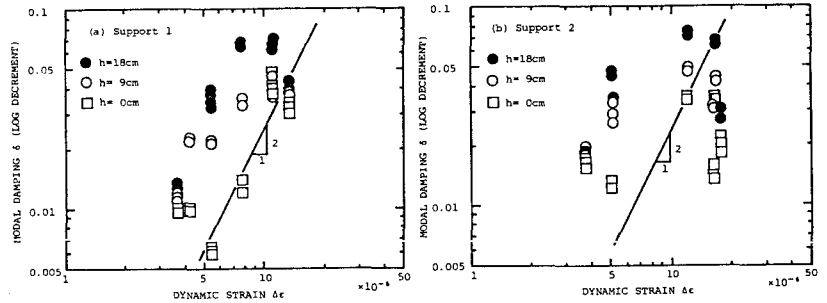


Fig.4 Modal damping versus additional dynamic strain

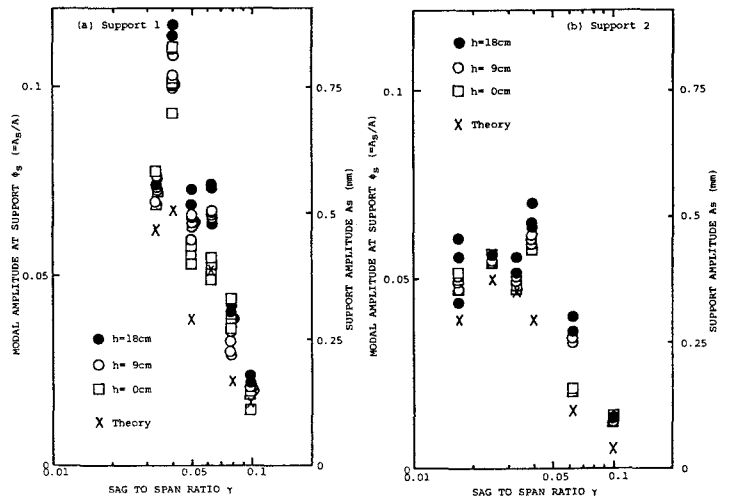


Fig.5 Modal amplitude at support versus sag to span ratio

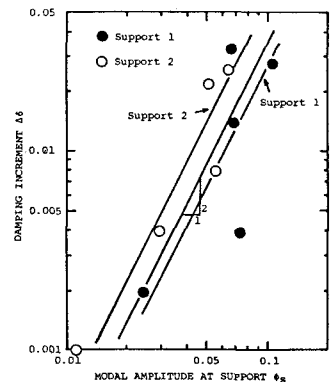


Fig.6 Damping increment