

海底ケーブルの動的特性に関する研究

鹿児島大学工学部 学生員 ○岡口 喜彦 久留島卓朗
鹿児島大学工学部 正 員 河野 健二 愛甲 頼和

1. まえがき

離島に送電する場合など、本土と島を電線(頭上)で連結するには、多くの不都合を生じる。そのような場合、海底ケーブルを使用する。海底ケーブルは、様々な外力を受けることが考えられるが、海峡部等に設置される場合などは、潮流の影響が大きいと考えられるので、潮流に対する安全性を検討しておくことが必要となる。特に海底は複雑な地形をしていることが予想されるので海底ケーブルが完全に定着している場合を除き、海底面から離れて設置されることになる。このような場合を想定して、本研究では、流れによって生じる渦振動についてのモデル実験および解析を行い、検討を加える。

2. 実験の手順

海底ケーブルの実験モデル(図-2)には、硬質の塩化ビニルパイプ(直径48mmと60mmの2種類)を使用した。そして、そのパイプのスパン中央の水平、鉛直方向の2ヶ所に歪みゲージをはり、これが両端支持の水平梁となるように設置した。実験は、鹿児島大学水産学部の学内共同回流水槽で行った。水槽のサイズ(水深1m、幅2m)から、スパン長100cm、120cm、140cmの3種類を計測することにした。流速は0m/sから0.05m/sごとに共振状態になるまで上げていき、流れが一定になってから、それぞれ約100秒間、ペンレコーダーとパソコンに歪みゲージから得られたデータを記録させた。そして、得られたデータをもとに検討を行なった。

3. 実験結果と考察

図-3は、塩ビパイプの直径48mm、スパン長140cm、流速1.00m/sの場合のスパン中央における上下方向の応力の時刻歴応答を示している。図-4は、パイプの直径が48mm、流速が0.5m/sから1.5m/sまで変化する場合のスパン中央における上下方向の平均応力の変化を示している。パイプは多くの固有振動モードを持っていて、1次振動モードは低流速によって引き起こることが分かっている。したがって、スパン長140cmの場合、流速0.70m/sから0.75m/s付近で応力が大きくなったのは、パイプの1次振動モードにおいて小さな共振が起こったものと思われる。そして、その後に2次振動モードによる大きな共振が起こっている。この現象は、パイプの直径が60mmの場合でも起こっている。このことから、初めの共振が起こった時点で危険な状態を判断することができる。図-5は、パイプの直径が48mm、流速が0.5m/sから

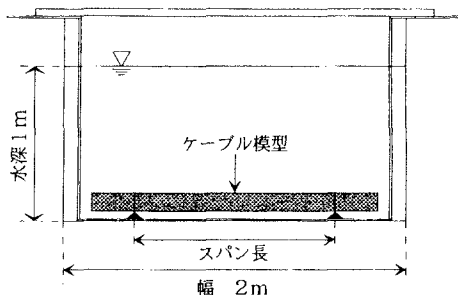


図-1 実験水槽の断面図

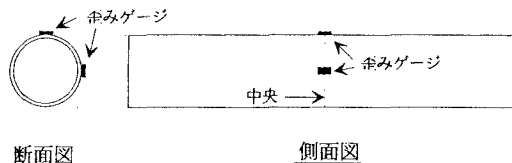


図-2 実験モデル

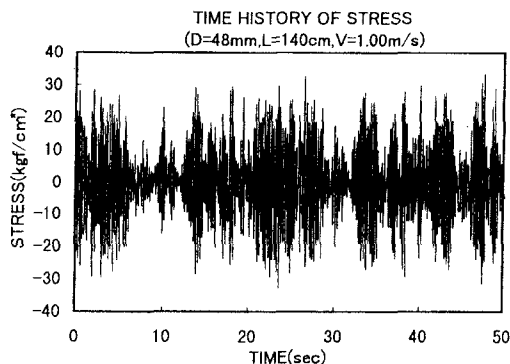


図-3 時刻歴応答

1.5m/s まで変化する場合のスパン中央における上下方向の最大応力と平均応力の比 (ST_{max}/ST_{mean}) の変化を示している。 ST_{max}/ST_{mean} は、通常3程度で推移するが、共振状態に近づくにつれて少し増加し、それから減少していき最終的には2程度に近づいていくことが分かる。これは ST_{max}/ST_{mean} が少し増加し始めると共振状態に近づいていることを示しているので、 ST_{max}/ST_{mean} が3で一定である範囲の流速に対しては安定であると考えることができる。図-6は、パイプの直径が48mm、流速が0.5m/sから1.5m/sまで変化する場合のスパン中央におけるパイプの固有振動数の変化を示している。どのスパン長においても流速の増加にともない、固有振動数もほぼ一定の割合で増加していることが分かる。図-7は、図-6で用いたパイプの直径48mm、スパン長140cmの流速と固有振動数の関係を回帰直線を使って表し、理論式から求められた固有振動数と比較したものである。図から、ケーブルの渦振動が生じるときの限界流速が1.6m/sから1.7m/sの間にあることが分かる。図-4より大きな共振が生じる流速が1.2m/s以降であるので、共振後に渦振動の生じる限界流速に達すると思われる。よって渦振動の生じる限界流速よりも共振し始めた時点の流速の把握がケーブルの安全に対して重要な判断基準となると考えられる。

4. あとがき

海底ケーブルはパイプ同様、多くの固有振動モードを持っているので、高次振動モードを考慮すると、もっと低流速で限界流速に達することが考えられる。特に海底ケーブルの設計では、渦振動の生じる限界流速よりも大きな振幅を有する振動数の把握が重要と思われる。さらに、高次の振動モードの影響については明らかにする必要がある。

【参考文献】

1) L. REBUFFAT, G. M. LANFRANCONI, F. MAGNANI, U. ARNAUD, G. MONTI: INSTALLATION OF SUBMARINE POWER CABLES IN DIFFICULT ENVIRONMENTAL CONDITIONS THE EXPERIENCE WITH 400KV MESSINA CABLES

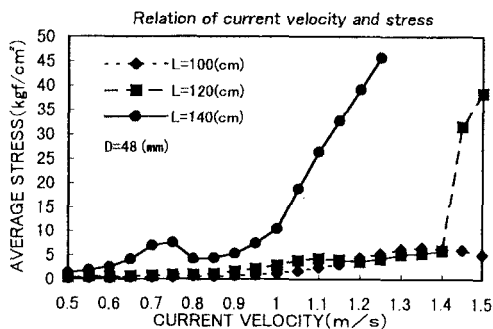


図-4 流速と平均応力の関係

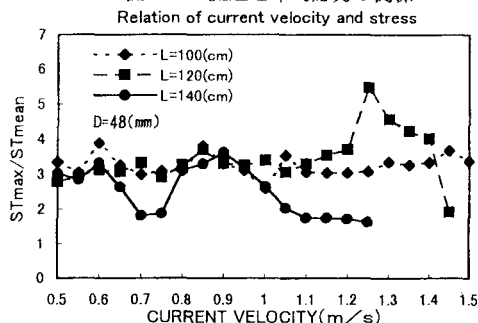


図-5 流速と応力の関係

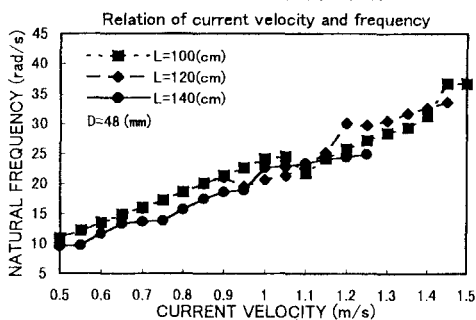


図-6 流速と固有振動数の関係

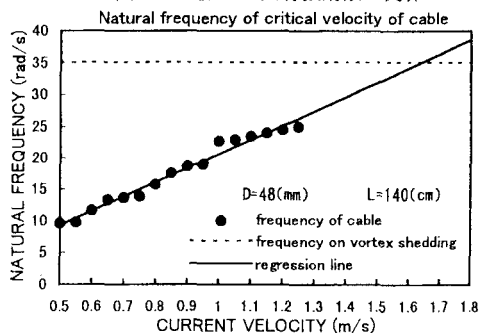


図-7 流速と固有振動数の関係