

海上式汚濁防止膜に発生する衝撃張力について

大阪大学工学部 正会員 榎木 亨
 大阪大学工学部 正会員 ○青木伸一
 大阪大学大学院 学生員 劉 海波

1. はじめに： 近年我が国では、浚渫や埋立などの海洋工事にともなって発生する濁りの周辺海域への拡散を防止するために、種々の汚濁防止膜が用いられている。これらのうち図-1に示すような海上式汚濁防止膜は、フロート、展張ケーブル、カーテン、係留索からなり、一種の膜体構造物を形成している。このようなフレキシブルな構造物に及ぼす波あるいは流れによる流体力の特性はほとんど明らかにされておらず、したがってその設計法（部材力の算定法）には不明な点が多い。特に波浪中の海上式汚濁防止膜の場合には、展張ケーブルや係留索などに発生する張力は、膜が弛緩した状態から波によって押し流されて緊張する際に衝撃的に発生するため、その定量的な予測が難しい。そこで本研究では、この様な波浪中での衝撃張力を予測する基礎資料を得るために、定常な流れの中に張られた海上式汚濁防止膜が弛緩状態から流れによって緊張する際に展張ケーブルに発生する衝撃張力（以後衝撃展張力と呼ぶ）の特性を明らかにする。また衝撃展張力と定常展張力との関係について調べ、衝撃展張力の予測法を検討する。

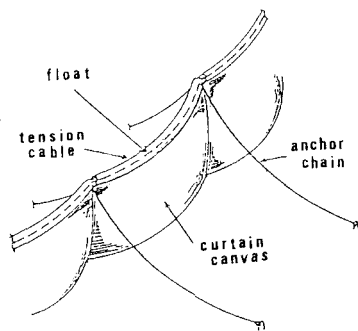


図-1 海上式汚濁防止膜

2. 実験の装置及び方法： 実験は図-1の係留策には含まれた1スパンのみを取り出した模型カーテンを用いて行った。幅45cm、水深31cmの循環水槽にカーテン深さ10, 15, 20cm、カーテン長60, 66, 75cmの計9種類の模型カーテンを設置し、流速を4種類変化した。また展張ケーブルの種類としては、径のほぼ等しい鋼ワイヤーとナイロン釣り糸の2種類を用い、衝撃張力に及ぼすケーブルの材質の影響を調べた。実験方法はまずカーテンを手で支えて弛緩状態を作り、その後手を離してカーテンを解放し、流れによって緊張させる。この操作を3回繰り返す。展張ケーブルはカーテンの上下端に配されており、またケーブルの両端は水槽側壁にリングゲージを介して固定され、ケーブルの張力の時間変化が測定できるようになっている。展張力の時系列からピークの最大値及びピーク発生後の定常張力を読み取り、衝撃展張力は3回のうちの最大値を、定常展張力については3回の平均値を用いて実験結果の整理を行った。

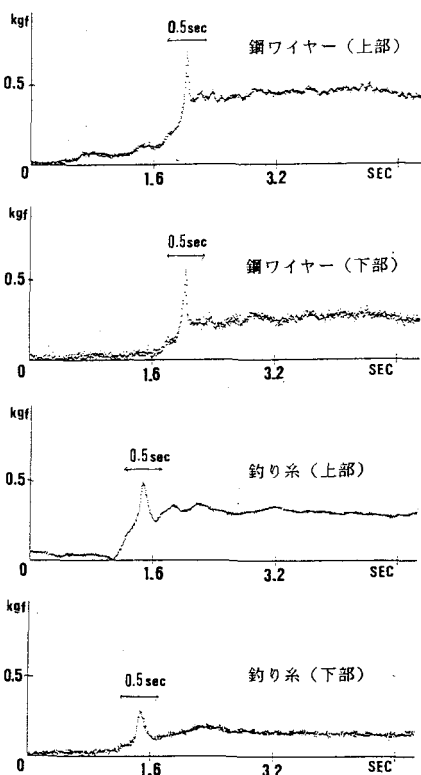


図-2 展張力の時系列

3. 展張力の時系列特性： 図-2はカーテンの深さ $d=15\text{cm}$ 、カーテン長 $l=75\text{cm}$ 、流速約 22cm/sec の場合の上下の展張ケーブルに発生する展張力の時系列を、鋼ワイヤーと釣り糸の場合について示したものである。これらより、緊張時には衝撃的な張力のピー

Toru SAWARAGI Shin-ichi AOKI Haibo LIU

クが上下のケーブルで同時に発生していることがわかる。しかしその大きさはほとんどすべてのケースにおいて上部のケーブルの方が大きかった。また釣り糸をケーブルとして用いたケースでは、衝撃展張力の立ち上がりが鋼ワイヤーを用いた場合よりも緩やかになっており、同一条件下ではそのピーク値も小さい。この立ち上がり時間は、今回の実験の範囲内では、流速や膜の諸元の影響よりもケーブルの材質の影響の方が顕著であった。

4. 定常展張力について： 図-3は展張ケーブルに鋼ワイヤーを用いた場合の上部ケーブルに発生する展張力 T^u の無次元量 $C_T^u = T^u / \rho u^2 B d$ (ρ = 水の密度, u = 流速, B = 水路幅, d = カーテン深さ)とカーテンによる遮蔽率 d/h の関係を示したものである。ただしここに示したのはフルード数の異なるデータを平均したものであり、フルード数によるばらつきの範囲はシンボルにつけた腕で示してある。さらにシンボルは水路幅(展張幅)とカーテン長の比 B/l で区別してある。この図より C_T^u は、ばらつきは大きいものの d/h の増大とともに増大し、今回の実験の範囲内ではその変化はほぼ線形的であることがわかる。この傾向は下部のケーブルについても同様であり、またケーブルの種類による相違は現れなかった。

5. 衝撃展張力について： 図-4は上部展張ケーブルの衝撃展張力 T_i^u を、横軸につり糸を用いた場合の値、縦軸に鋼ワイヤーを用いた場合の値をとってプロットしたものである。これより張力の小さい領域を除けば、ほとんどの場合鋼ワイヤーを用いた場合の方が大きな値を示していることがわかる。また図-5は鋼ワイヤーおよび釣り糸毎に、横軸に定常展張力 T^u 、縦軸に衝撃展張力 T_i^u をとってプロットしたものである。図より定常展張力と衝撃展張力はほぼ比例関係にあり、張力の小さい領域を除けば、鋼ワイヤーの場合には定常力の1.5～3倍程度、釣り糸の場合には1～2倍程度の範囲内におさまることがわかる。以上のことより衝撃展張力は定常展張力の定数倍として、言い替えれば衝撃係数($= T_i^u / T^u$)として予測することが可能であり、図-3より明らかなように、カーテンによる流れの遮蔽率 d/h によっておおよそ予測できることがわかる。ただし衝撃係数は展張ケーブルの材質にかなり依存することが予想され、現地に適用するにはその相似性に対する検討が必要であると思われる。

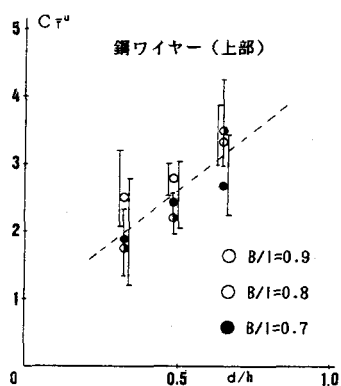


図-3 C_T^u と d/h の関係

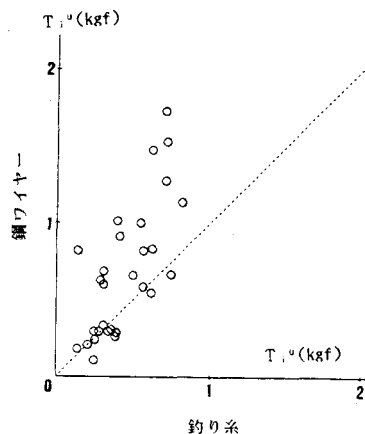


図-4 展張ケーブルの種類による衝撃展張力の違い

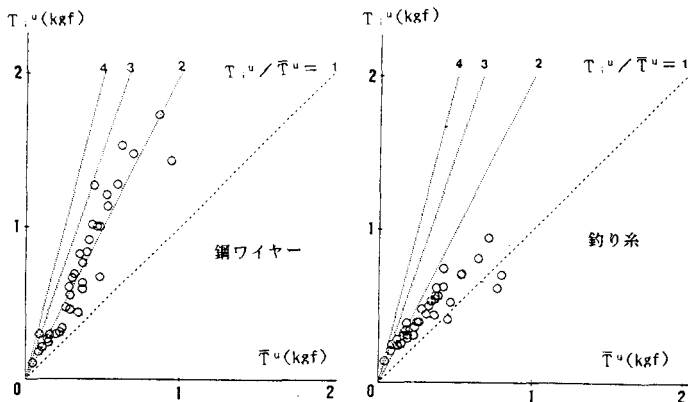


図-5 定常展張力と衝撃展張力の関係

謝辞： 最後に本研究を行うに

当たり御尽力頂いた前田真君(熊谷組)および太陽工業(株)の諸氏に感謝の意を表します。