

垂下式汚濁防止膜に作用する衝撃張力の表現法について

豊橋技術科学大学建設工学系
豊橋技術科学大学建設工学系
豊橋技術科学大学建設工学系 正会員

○長谷川真司
牧野友美
青木伸一

1. 研究背景と目的

近年汚濁防止膜は波浪条件の厳しい現場で使用される事が多くなり、係留策等が破断する事故が報告されている。そのため、係留策等の破断に結びつく衝撃的な張力を考慮した、新たな汚濁防止膜の設計法が必要になっている。

本研究は、定常な流れの中で、膜がたるんだ状態から流れによって押し流されて緊張する際に、展張ケーブルに発生する衝撃張力に着目し、既往の実験データを再整理することにより衝撃張力の表現法について考察したものである。

2. 実験の概要

実験は樫木ら(1990)によって行われたもので、垂下式汚濁防止膜のカーテンの上端と下端に水平に配された展張ケーブルに発生する張力を、定常な流れの中で膜がたるんだ状態から、流れによって押し流されて緊張する一連の過程で測定したものである。

(1) 実験方法

実験では、幅 (B) 54cm×水深 (h) 31cm の循環水槽を使用した膜体は膜の上下に水平に展張ケーブルを配したもので、図 1 に示すようにケーブルの片側に上下 2 つのリングゲージを介して水路壁両側に取り付け、それぞれの展張ケーブルに働く展張力を測定した。また、展張ケーブルの材質(弾性)の影響を調べるために、鋼製ワイヤーとナイロン製つり糸を使用しさらに、平均流速 u 、カーテン長さ l (60cm、66cm、75cm)、カーテン深さ d (10cm、15cm、20cm) をそれぞれ変化させて、衝撃力および、定常力への影響を調べた。

(2) 実験結果

図 2 に張力の時系列の一例を示す。この時、張力が最大値を示した後に現れるほぼ定常な張力の時間平均値を定常力、衝撃的な張力を受けたときに発生する最大値から定常力を差し引いたものを衝撃張力

として、定義する。

ケーブルの材質についてはワイヤーではピークの展張力が鋭く現れ、ヤング率の小さい釣り糸のほうが、常に衝撃力が小さく現れる傾向にあるが、定常力については、ケーブルの違いによる影響は見られない。また、ほとんどの場合流速が増加すると、張力も増加する。

ケーブル長、 l を変化させた場合定常力には余り影響は見られないが、衝撃力では l 増加に伴い減少する傾向がある。また d を増加させると、定常力、衝撃力ともに増加する傾向がある。

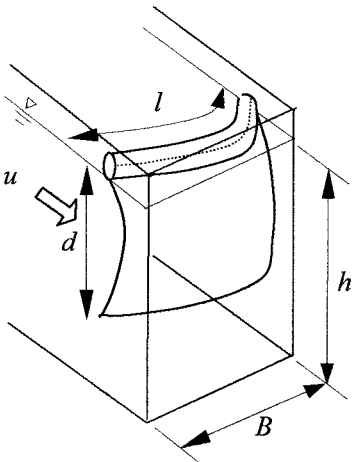


図 1. 模型実験図

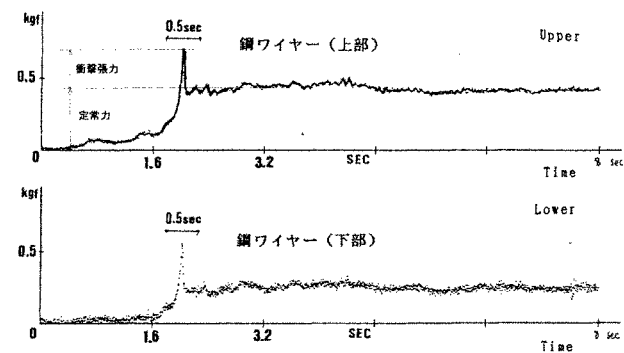


図 2. 張力の時系列

3. 衝撃張力の表現方法について

(1) 抗力表示と付加質量力表示

衝撃張力を表現する方法として、まず考えられるのは、定常力と同様に衝撃張力を抵抗体の面積 A に作用する抗力として表現するもので、衝撃力を次式の F_D に比例するとして与えるものである。

$$F_D = \frac{1}{2} \rho u^2 A \quad (1)$$

一方付加質量の考え方により抵抗体の運動加速度に比例するとして与えることも可能である。この表現では、ケーブルのばね定数 k および付加質量 M を用いて、衝撃力を次式の F_M に比例するものとして与えられる（青木、岡野、2000）。

$$F_M = u \sqrt{kM} \quad (2)$$

(1)式との大きな違いは、流速の1乗に比例する点およびケーブルのばね定数の関数となる点である。

青木・岡野(2000)によれば衝撃張力は、抵抗体が剛な平板の場合には、付加質量力によって説明でき、抵抗体に変形する膜の場合には、付加質量力の影響は平板に比べて相対的に小さくなり、抗力成分を考慮する必要があることが示されている。

(2) 実験結果の整理

樫木らは、抗力的な整理を行っているが、データのまとまりは、あまりよくない。上下にケーブルを配した膜体は、変形が拘束されるため、今回は付加質量力としての整理を試みた。付加質量 M は、 $\rho d^2 B$ に比例するものとして与えられるので (2) 式の F_M を次のように表す。

$$F_M = u \sqrt{k \rho d^2 B} \quad (k: \text{ばね定数}) \quad (3)$$

図3および図4は、それぞれワイヤーおよび釣り糸について (3) 式の F_M と衝撃張力 T_i の関係をプロットしたものである。これより、ばらつきはあるものの、衝撃張力 T_i はほぼ図中の式で表せる。

また、ワイヤーおよび釣り糸の両方のケースを同時に図5に示すが、(3) 式では、2種類のケーブルの結果を統一的に表せていない事がわかる。これについては今後、検討が必要である。

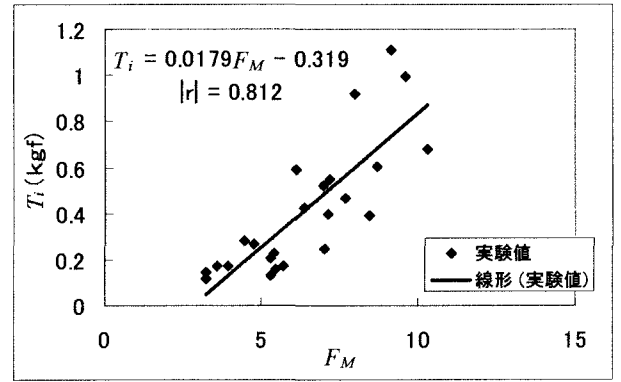


図3. F_M と T_i の関係（ワイヤー）

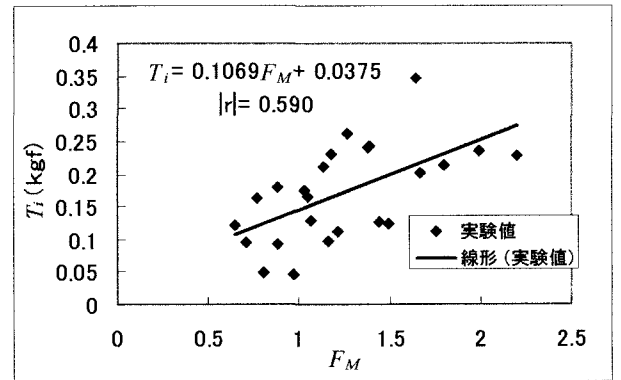


図4. F_M と T_i の関係（釣り糸）

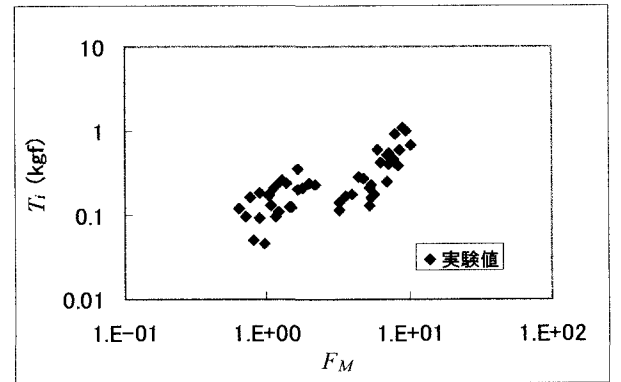


図5. F_M と T_i の関係

参考文献

- 青木伸一・岡野聡（2000）： 膜体構造物における衝撃張力の発生メカニズムに関する基礎的研究，海岸工学論文集，第47巻，pp.966-970
- 樫木亨・青木伸一・劉海波・山下真（1990）： 波浪中に張られた垂下式汚濁防止膜の展張ケーブルに発生する衝撃張力の特性，海洋開発論文集，Vol.6，pp311-316