

津波時における船舶係留索にはたらく張力に関する水理実験

防衛大学校	正会員	○嶋原 良典
防衛大学校	学生会員	中川 航太
防衛大学校	正会員	藤間 功司
漁港漁場漁村技術研究所	正会員	坂井健太郎
水産庁漁港漁場整備部	正会員	中村 雅博

1. はじめに

2004 年のインド洋大津波では、沿岸に係留していた船舶等が津波の流体力によって陸上部に流され、構造物等に衝突することで致命的な被害を及ぼしたことが報告されている。同様の被害は今後日本でも懸念されており、津波によって応答する船舶の挙動や、漂流物とならないように沿岸部につなぎ止めている係留索の津波に対する張力を把握することは、今後発生する津波の被害軽減にもきわめて重要であるものの研究例は少ない(津田ら, 2006 など)。そこで本研究では、水理実験から津波時における船舶係留索の張力の特性を調べ、船体および係留索の諸量によって導かれる張力の理論式の妥当性について検証した。

2. 係留索に働く張力のモデル化

係留索に繋がれた船体が津波の作用によって生じる運動を、1 自由度のバネ・質点系の単振動モデルとして考える。張力 T が最大になるのは係留索の自然長からの変位が最大であるときとし、係留索を弾性体と仮定した場合の応力・ひずみの関係を考慮することで、 T は以下の式で表される。

$$T = V \sqrt{\frac{Eam}{l_0}}$$

ここで、 V は張力がはたらく瞬間における船体の速度、 m は船体の質量、 E は係留索のヤング率、 a は係留索の断面積、 l_0 は係留索の長さ、である。

3. 実験概要

2. で提案した理論式の妥当性を検証するため、定常流場における 1 次元と波動場の 2 種類の実験を行った。以下にその概要を示す。

1 次元開水路による定常流場での実験を行った(図 1)。流速 $u=30, 40\text{cm/s}$ の 2 ケースの流れに対し係留索の長さ $l_0=5\sim 30\text{cm}$ となるように船の流す距離を変化させる。そして、それぞれ l_0 に到達した瞬間の船体速度と張力を測定した。

幅 7m、長さ 11m の平面水槽の左端に造波板から正弦波を発生させ、沖側(水深 62cm)から陸棚部(水深 5cm)に伝播させる。岸側には岸壁の

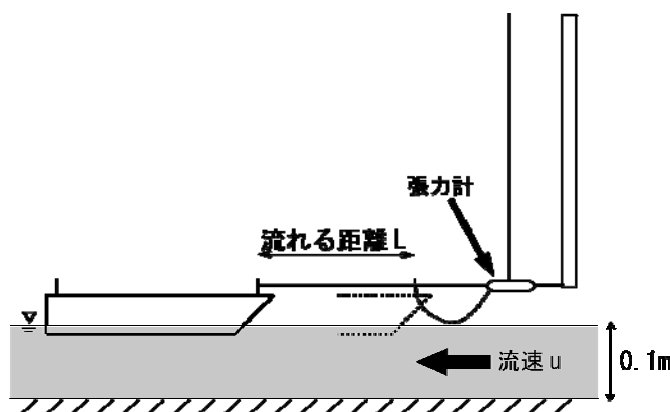


図 1 1次元定常流場での張力測定

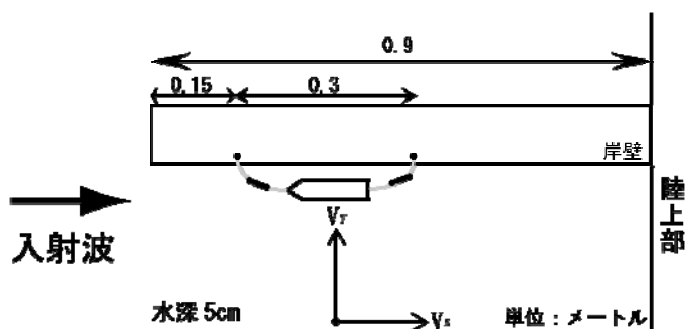


図 2 2次元平面波動場での張力測定

キーワード 津波 船舶 係留索 張力

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校システム工学群建設環境工学科 TEL 046-841-3810

E-mail shigi@nda.ac.jp

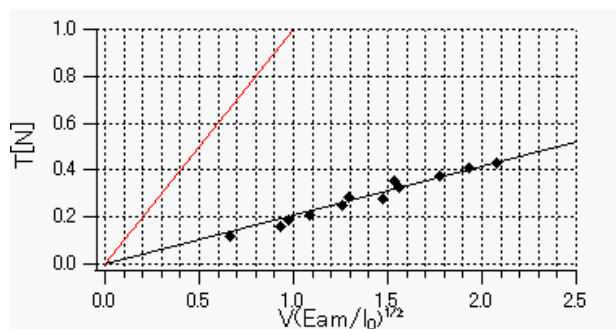


図3 定常流場実験における船体速度と張力の関係

模型を配置し、船体モデルを係留した(図2参照)。実験のケースとして、入力波を(周期(s), 沖での振幅(cm))=(A) (10, 1.3), (B) (10, 1.9), (C) (15, 1.3)の正弦波に、索の長さを8cmと12cmとした。また、測定器の抵抗を軽減するために船首と船尾を別々に測定した。測定項目は船の前後の係留策への荷重、流速、波高とした。

4. 実験結果および考察

図3に定常流場実験における船体速度と張力の関係を示す。船体速度 V とそのときの張力 T とは比例関係にあり、定常流場による実験結果と理論式による直線の傾きから、ほぼ $T=0.2V(Eam/l_0)^{1/2}$ と表すことができることがわかる。理論モデルは抗力や付加質量などは考慮されておらず、今後、流体の特性を考慮したモデルの構築が必要であるといえる。

図4は2次元平面波動場における張力の時間変化であり、挙動の一例としてケースCを示している。なお、測定値の大きさに関してはケース・索の長さによりその値は異なる。船首で測定された張力は最大値に達した後その値が一定時間持続する。一方、船尾では張力がはたらく時間は短い。押し波では船体が中立状態から波の影響を受けるのに対し、反射波では押し波で十分に船の移動する距離が確保されてから影響を受けることになる。そのため、反射波による張力は船体の移動距離が長く押し波よりも大きくなる可能性がある。

定常流場実験と波動場実験での結果を比較したのが図5である。丸点は波動場実験における張力の最大値(船首側)を示している。定常流場の場合と同様に理論式と大きく異なるが、係留索が長いほうが大きな荷重がかかることを示している。しかしながら、理論式では索の長さは張力に平方根の反比例をする。両者の違いの原因として、速度 V もまた索の長さに依存していることが考えられる。定常流での実験において、船体が流される距離が長くなると張力も大きくなるように、波動場においても船体速度が大きくなる。

参考文献

津田宗男, 青野利夫, 栗原明夫, 中屋行雄, 大木泰憲, 高山知司 (2006): 津波による大型係留船舶の同様特性と係留施設への影響, 海岸工学論文集第53巻, pp.816-820.

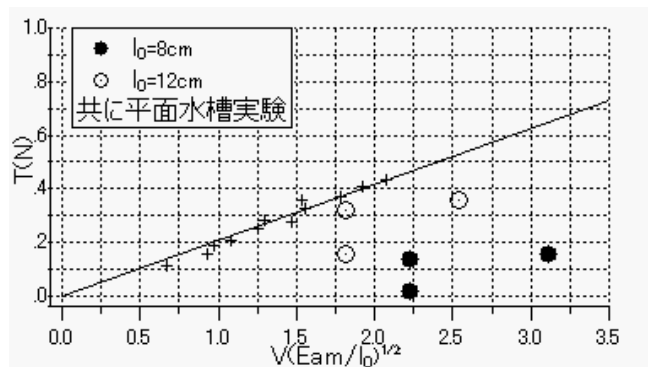
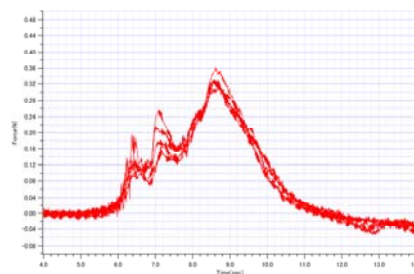
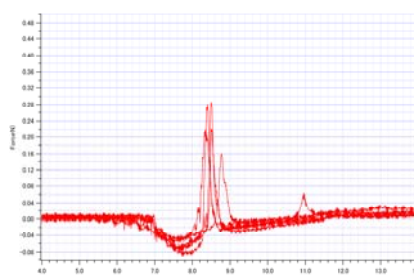


図5 定常流場と波動場実験結果との比較



(a) 船首



(b) 船尾

図4 張力の時間変化(ケースC)