

津波作用時に一点係留中船舶に発生する係留張力に関する実験的研究

東洋建設(株)鳴尾研究所 正会員 ○金澤 剛
 東洋建設(株)鳴尾研究所 正会員 小竹 康夫
 東洋建設(株)鳴尾研究所 松村 章子

1. 目的

比較的近い将来での発生が危険視されている東南海・南海地震等では、甚大な津波被害の発生が危惧されている。こうした中、海上工事で使用される作業船についても津波対策を検討しておく必要がある。作業船には多種多様な形状と大きさの自航式と非自航式があり、工事区域で稼働中のもの、港内で停泊中のものと状況は様々である。作業船の津波対策を考えた場合、主要な点には乗船員の安全確保と船体の漂流防止が挙げられる。このうち、船体の漂流防止について、非自航式作業船の場合は迅速な避難は困難で、特に泊地に錨泊中の場合は無人のことも多く、津波発生後の対応は考えにくいのが現状である。

一方、作業船に限らず係留中船舶の津波時の挙動や係留張力に関する研究は少ないようである(例えば、津田ら、2006)。そこで本研究では、津波時においても安全な作業船の係留方法を検討するために、一点係留方式で錨泊中の非自航式作業船に津波が作用した場合を対象に、平面水槽における津波実験を実施して係留索に生じる張力の特性について検討した。

2. 水理模型実験

実験は、東洋建設(株)鳴尾研究所にある多方向不規則波造波水槽(長さ 30m, 幅 19m, 深さ 1.5m, 造波板 50cm×30 枚)内に沖側から海底勾配 1/15 および 1/94 の斜面部に接続する水平床を設けて実施した(図-1)。模型縮尺は 1/100 を想定して一様水深部の水深は 8.5cm とした。

対象作業船は泥倉容量 4500m³ の非自航式土運船(長さ 100m, 幅 19m, 深さ 6.5m)とし、軽荷状態(吃水 1m)を実験対象とした。係留装置は原型がマッシュルームアンカー3.5t とチェーン(φ50×25m×8 節, 水中質量;50kg/m)を有し、通常係留時は 3 節程度、荒天時は 5 節～6 節を使用しているのに対し、実験ではチェーンの水中重量ができるだけ相似則に従うように努め、水中重量 9.96g/m のボールチェーンを採用した。チェーンの長さは通常係留時に相当する 0.75m とし、アンカー一点側は水平床に固定した。そして波の進行方向下手側にスラック長が最大となる位置で、波に船首を向けた状態を初期位置として波を作用させた(図-2)。作用させた波は、出口ら(2005)と同様、造波板を瞬時に動かして発生させた段波状の波と周期 20 秒の正弦波で、第 1 波のみを解析対象とした。計測はチェーンと船首の間に取付けた張力計により係留索張力を測定し、同時に船体初期位置の船首近傍に設置した容量式波高計と電磁流速計により水位変動と水平流速成分を計測した。また、ビデオにより船体の位置を記録した。

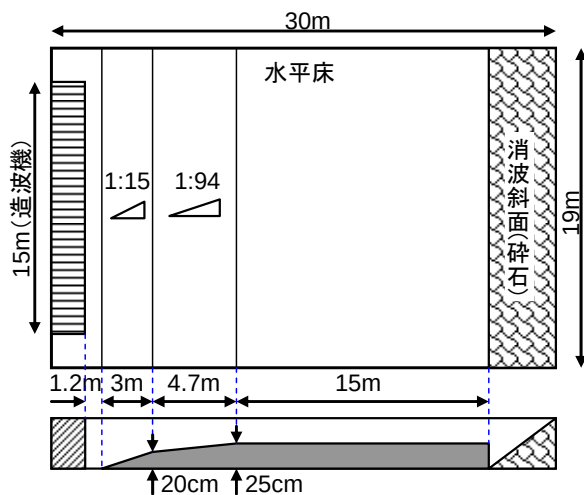


図-1 実験水槽

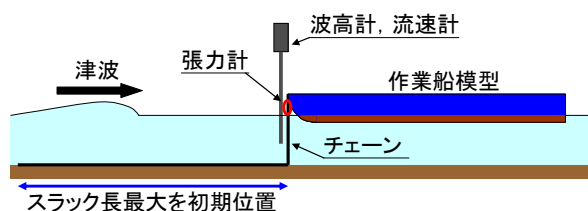


図-2 模型および計測機の配置

キーワード 津波, 船舶, 作業船, 係留索, 張力

連絡先 〒663-8142 兵庫県西宮市鳴尾浜 1-25-1 東洋建設(株)鳴尾研究所 TEL0798-43-5902

3. 実験結果と考察

図-3に一例として段波状の波を作用させた場合の水面変動量 η 、水平流速 u および係留索張力 T の時系列図を示す。張力計が作業船模型とともに移動するため、張力の時系列は水位変動等と同期していないが、最大水位と最大水平流速が同時に発生し、それに対応して衝撃的な最大張力 T_{max} が発生していることがわかる。この最大張力は静水面から測った最大水位変動量と水平方向の最大流速に比例する傾向を示した。更に図-4に示すように、最大張力は船体が移動してから最大張力発生までに要した時間とその間の船体移動距離から求めた船体の平均移動速度 V に比例した。すなわち、船体の移動距離が長く、船体の移動時間が短いほど、大きな張力が発生した。

実験で生じた最大水位変動量は現地換算で1m以下のケースが多かったが、それらの場合に生じた最大張力は現地換算値で索の破断荷重1370kNと同等以上であり、海底を軟泥とした場合のアンカーの把駐力 $163\text{kN}(=8W_A^{2/3}, W_A$; アンカー水中質量, (財)沿岸開発技術研究センター(1991))よりもかなり大きい。したがって、係留索の破断或いは破断しないまでも走錨の危険性が高い。そこで、係留索張力を低減させるため、索長を荒天時に相当する1.5mとして索長の効果について検討した。図-5に段波状の波を作用させたときの索長が0.75mと1.5mの場合の最大水位変動量と最大張力の関係を示す。これによると、同一の最大水面変動量でも索長を長くすると最大張力が1/2~1/4程度に低減している。これは、索長が長いと最大張力が発生する直前にカテナリー状態となる索重量が増大して船体移動速度を低下させたことが原因であった。これより、一点係留方式では通常時から荒天時と同様の索長で係留することで、津波来襲時の船舶の安全性を向上できると考える。

謝辞: 本研究を行うにあたり、大阪大学大学院工学研究科出口一郎教授ならびに荒木進歩准教授のご指導を頂いた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- ・津田宗男, 大木泰憲, 高山知司, 東野洋司, 林秀和(2006): 津波による係留船舶の動揺特性および係留施設への衝突力に関する模型実験, 海洋開発論文集, 第22巻, pp.535-540.
- ・出口一郎, 小竹康夫, 金澤 剛, 松村章子, 藤原隆一(2005): 津波防災のための基礎的津波実験, 海岸工学論文集, 第52巻, pp.271-275.
- ・(財)沿岸開発技術研究センター(1991): 浮体構造物技術マニュアル, 115p.

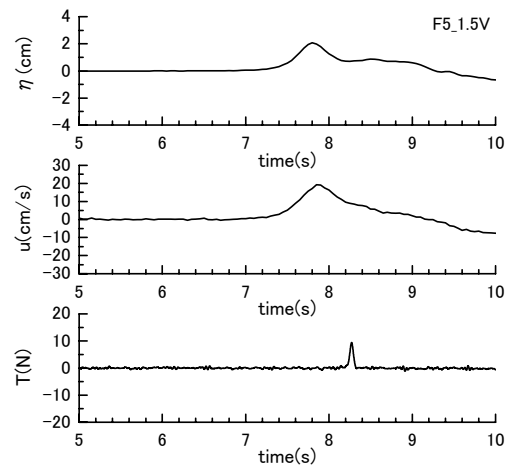


図-3 水位変動量, 流速, 索張力の時系列図

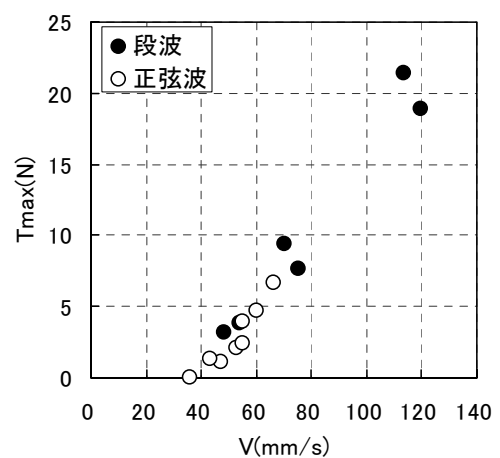


図-4 船体の平均移動速度と最大張力の関係

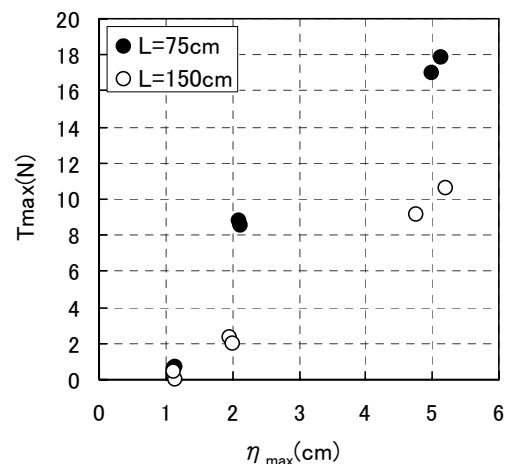


図-5 最大張力に及ぼす係留索長の影響