

港湾内における津波による係留船舶の漂流被害予測および係留索張力特性に関する基礎的研究
A Fundamental Study on Drifting Prediction and Mooring Tension Characteristics of Vessel by Tsunami in Port

福永勇太¹, 居駒知樹², 恵藤浩朗², 相田康洋², 増田光一², 細谷昂³
 *Yuta Fukunaga¹, Tomoki Ikoma², Hiroaki Eto², Yasuhiro Aida², Koichi Masuda², Subaru Hosoya³

At the time of the Great East Japan Earthquake, ships that had been anchored in harbors triggered the breakdown of mooring lines, triggered drifts in the sea, collided with structures, and induced secondary damage. Therefore, in this study, we focused on breaking of the mooring line to suppress the damage of the moored tsunami, and investigated the drifting of the sea and mooring line tension characteristics at the target port. As a result, it was found that at Shimizu Port, all of the mooring lines broke in the current mooring state and the vessel leading to drifting could not be confirmed, but the mooring line on the stern side was liable to be broken. In addition, we confirmed the increase of tension of mooring line by destruction of breakwater.

1. 緒言

東日本大震災時、港湾は津波の浸水と漂流物によって構造物、航路が被災し機能不全に陥った。港湾内に停泊していた船舶は係留索の破断を引き金とし、海域漂流や構造物への衝突、座礁被害など 2 次被害を誘発させた。これらの被害は救援物資搬入の遅れや経済活動に多大な影響を及ぼした^[1]。また、コンテナ等を取り扱う港湾では大型の船舶が岸壁に係留されることが多い。このような船舶は岸壁への着岸、離岸の際にタグボートを必要とする為、津波警報発令後すぐに港外へ避難することが難しい。津波の到達が早いとされる港では、係留船舶の津波被害を抑制する上で係留索の破断に焦点を当て、事前にどの程度の被害が予測されるかを検討した上で対策を講じる必要がある。それ故、本研究では港湾における係留船舶の漂流被害予測および係留索張力特性を明らかにすることを目的とする。

2. 対象地域概要

本研究では大規模地震発生時の臨海部の防災拠点として機能し、耐震強化岸壁、防波堤の延長など地震、津波対策が進んで行われている静岡県清水港を研究対象地域とした。特に、発災後の救援活動や救援物資の輸送など、復旧・復興の活動において大きな役割を担うコンテナ取扱地域を対象とした。Figure1 は前述の清水港のコンテナ取扱地域である。

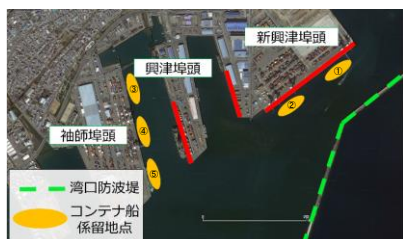


Figure 1. Shimizu Port (Emergency Quay)

3. 数値シミュレーション

3.1 計算手法

本研究では、係留船舶の広域的な被害予測を行う必要があるため、計算負荷を軽減した上で津波中における船舶の漂流挙動を解析する必要がある。長澤ら^[2]の個別要素法を適用した船舶応答シミュレーションは、流れ場に津波伝播シミュレーションにより得られた解を導入し漂流挙動のみをラグランジュ的にシミュレーションするため、前記した問題に特化している。なお、本シミュレーターの概要は先行研究^[2]を参考するものとし、本論では割愛させて頂く。

3.2 津波伝播シミュレーション条件

本研究では内閣府中央防災会議^[3]において検討されている南海トラフ巨大地震の断層モデル 11 ケースの内、静岡市で最も大きな被害が想定されているケース 8 の津波断層モデルを初期水位の算出に用いる。また、防波堤の条件については最大の被害を想定した Case1(防波堤なし)と津波越波時に防波堤が破堤し機能しなくなることを想定した Case2(越波時に破堤)の 2 ケースに分けて検討を行った。津波伝播シミュレーションにおける計算諸元を Table1 に示す。

Table 1. the condition of tsunami propagation simulation

格子間隔 [m]	2430.0	810.0	270.0	30.0
X 方向セル数	288	300	252	189
Y 方向セル数	206	183	252	297
再現時間 [s]	21600.0	21600.0	21600.0	9000.0
流入境界 (東,西,南,北)	-	東西南	東西南	東南

1 : 日大理工・院 (前)・海建 2 : 日大理工・教員・海建 3 : 日大理工・学部・海建

3.3 船舶応答シミュレーション条件

本研究では前述のコンテナ船の係留区域に対し、船体要素を配置し、実勢を再現した船舶応答シミュレーションによって各岸壁における係留索破断の有無について検討を行う。本研究では対象船舶を港湾に比較的多く停泊しているコンテナ船(3,000DWT)を対象船舶とし、コンテナ船の各諸元については港湾施設の技術上の基準・同解説^[4]を参考に設定した。また、係留索の諸元についてはロープに関する資料^[5]よりナイロンエイトロープ($\phi=60\text{mm}$,破断張力=603kN)を用いた。Figure2 および Table2 に係留状態、各諸元を示す。

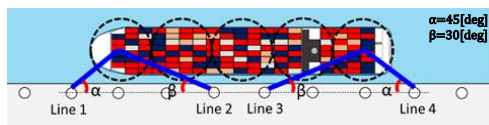


Figure 2. Vessels model

Table 2 The vessels condition

載荷重量トン数 [DWT]	3,000
船体重量 [t]	2937.14
船体長さ [m]	80.96
船体幅 [m]	12.59
船体喫水 [m]	4.88
索長(Line1,Line4) [m]	7.5
索長(Line2,Line3) [m]	15.0
本数(Line1,Line4)	2
本数(Line2,Line3)	1

4. 結果および考察

係留索張力 C_{MF} と破断張力 C_{BL} の比を Table3 に示す。この結果より本検討において係留索が全て破断し漂流に至る船舶はみられなかった。しかし、清水港では船尾側の係留索が破断しやすいことが確認できる。このような場合、破断しなかった索を中心に船体が振れ回り岸壁への衝突などの危険性が考えられる。特に Ship4

は興津埠頭を遡上した波の影響を受けやすく破断本数が多くなったと推測される。また、Case2における張力比が Ship4 では増大しており、防波堤が破堤した場合、流速の増大に伴い係留索張力が増大する可能性が考えられる。

5. 結言

本研究で得た知見を以下に示す。

- 1) 本検討では現状の係留状態において係留索が全て破断し漂流に至る船舶は確認できなかった。
- 2) 清水港では船尾側の係留索に破断が生じやすく破断の生じなかった船首側の索を中心に振れ回る危険性がある。
- 3) 防波堤の破堤状態などにより係留索張力が増大する可能性がある。

6. 参考文献

- [1] 国土交通省：東日本大震災における港湾の被災から復興まで～震災の記録と今後の課題・改善点～, 2012. 3
- [2] 長澤新治, 増田光一, 居駒知樹, 林昌奎：津波作用時における船舶の挙動解析法に関する基礎的研究, 日本船舶海洋工学会講演会論文集 (4), pp551-554, 2007-05
- [3] 内閣府：南海トラフの巨大地震モデル検討会, <http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/index.html>, 2018. 4 閲覧
- [4] 港湾の施設の技術上の基準・同解説 (上・下)：社団法人港湾協会, 第4編, 第5章, pp.943-946, 2007
- [5] 原正一, 谷澤克治, 山川賢次, 星野邦弘, 湯川利治, 長谷川純, 上野道雄, 南真紀子, 桐谷伸夫, 大松重雄, 猿田俊彦, 岡本三千朗：荒天下における航行不可能船舶の漂流防止等に関する研究, 付録1ロープに関する資料, 海上技術安全研究所報告, 第4巻, 第2号

Table3. 係留索張力と破断張力の比(C_{MF}/C_{BL})

Case1(防波堤なし)	Ship1 (新興津 2 号岸壁)	Ship2 (新興津 1 号岸壁)	Ship3 (袖師 6 号岸壁)	Ship4 (袖師 7 号岸壁)	Ship5 (袖師 8 号岸壁)
Line1	1.0	0.2	0.2	0.1	1.0
Line2	0.3	0.04	0.3	1.0	1.0
Line3	0.1	1.0	1.0	1.0	0.3
Line4	0.2	1.0	1.0	1.0	0.2
破断本数	1	2	2	3	2
Case2(越波時に破堤)	Ship1 (新興津 2 号岸壁)	Ship2 (新興津 1 号岸壁)	Ship3 (袖師 6 号岸壁)	Ship4 (袖師 7 号岸壁)	Ship5 (袖師 8 号岸壁)
Line1	1.0	0.1	0.3	1.0	0.3
Line2	0.8	0.04	0.2	1.0	0.4
Line3	0.1	1.0	1.0	0.8	1.0
Line4	0.2	1.0	1.0	1.0	1.0
破断本数	1	2	2	3	2