

津波時における岸壁係留船舶の係留索破断チャートの提案

A Proposition of the Chart of Breaking of Mooring Tethers of Wharf Mooring Vessels in Tsunamis

○樋口直人², 増田光一¹, 居駒知樹¹*Naoto Higuchi², Koichi Masuda¹, Tomoki Ikoma¹

Abstract: The drifting vessels and floating structure that are broken of mooring tether in tsunamis are viewed with suspicion. As the subsequent damage, the vessel that blocks off Ocean route and also come into collision with architectural building is a concern. Such as the cause of damage, there is a problem of breaking of mooring tether of vessels. When planning to preventive measures of these damages, it is very important to understand the breaking conditions of mooring tether of vessels. The present paper describes the application of the three dimensional moving particle semi-implicit method to breaking condition of mooring tether of the wharf mooring vessels in tsunamis. The target vessel is a cargo vessel of 3,000DWT. Result of the review, the tsunami of incident angle of 90 degree is most dangerous. Also, such as breast line and spring line, the more mooring tether is short, the easily it is broken in tsunamis.

1. 緒言

津波によって岸壁係留された船舶の係留索破断後、漂流した船舶が航路を塞ぐことや岸壁に乗り上がり、港湾施設およびその背後にある陸上建築物に衝突するといったことが考えられる。船舶が漂流することによって被害がさらに拡大していく可能性は極めて高く、その発端である係留索の破断が発生する条件について詳細に把握する必要がある。社団法人 日本海難防止協会^[3]は、清水港を対象に津波中の係留船舶の安全性について検討を行ったが、津波の入射角度や船舶応答について詳細な検討を行っていない。そこで、本研究では3種類の津波の入射角度と6自由度の船舶応答を考慮し、津波時における岸壁係留船舶に関する係留索破断チャートを新たに提案する。こういった問題に対して、水槽実験をベースにした手法では解析が困難であるといえる。そこで、本研究では強非線形な現象をシミュレーションすることに特化している MPS 法を用いて、研究を進めた。本研究では、増田^[2]が開発した3次元 MPS 法プログラムコードを使用した。MPS 法の詳細な離散化やモデル化、支配方程式については越塚ら^[1]や増田^[2]の論文に記載されているため、本報では割愛する。

2. 数値シミュレーション概要

津波中の岸壁係留船舶の係留索の破断条件について3次元 MPS 法を用いて検討した。対象船舶は港湾に比較的多く存在する 3,000DWT の貨物船とした。また、係留索は線形ばねを用いて、模擬した。Fig.2.1, Fig.2.2 に示す通り船舶諸元は、全長 80.0m, 幅 13.0m, 高さ 10.0m, 喫水 4.0m であり、半載状態の船舶を想定した。このとき、水深は 10.0m に設定した。ヘッドラインおよびスターンラインの角度 α を 45 度、スプリングラインの角度 β を 30 度、ブレストラインは岸壁から垂直に配置した。係留策は船尾側から

順番に Line1, Line2, Line3, Line4, Line5 とする。Line1, 5 の長さは 10.34m, ばね定数は 80.2kN/m, Line2, 4 の長さは 5.34m, ばね定数は 183.0kN/m, Line3 の長さは 3.61m, ばね定数は 221.9kN/m であり、伸び率は 36.4%, 破断荷重は 333.0kN に設定した。模擬津波はピストン式造波板による孤立波を採用した。津波の入射角度は、岸壁と並行に入射する 0 度、岸壁に向かって斜めに入射する 45 度、岸壁に向かって垂直に入射する 90 度の 3 種類で検討した。目標最大波高は、2.0m, 3.0m, 4.0m, 5.0m, 6.0m の 5 ケースで検討を行った。総粒子数は、0 度入射は 369,650 個、45 度入射は 490,873 個、90 度入射は 602,746 個で、粒子間距離は 1.0m に設定した。

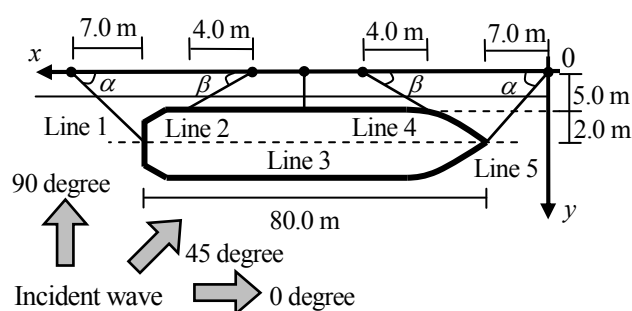


Fig.2.1 Calculation arrangement (x - y)

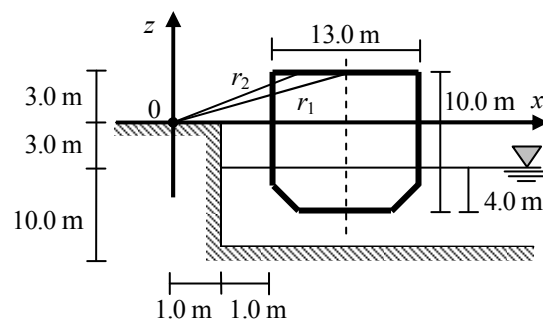


Fig.2.2 Calculation arrangement (x - z)

1: 日大理工・教員・海建 Department of Oceanic Architecture and Engineering /CST / Nihon University

2: 日大理工・院 (前)・海建 Department of Oceanic Architecture and Engineering /CST / Nihon University

3. 数値シミュレーション結果および考察

Fig.3.1 は 0 度入射時の 3,000DWT の係留索破断チャート, Fig.3.2 は 45 度入射時の 3,000DWT の係留索破断チャート, Fig.3.3 は 90 度入射時の 3,000DWT の係留索破断チャート, Fig.3.4 は Fig.3.1~3.3 を統合した 3000DWT の係留索破断チャートを示す. これらのグラフは縦軸が最大波高, 横軸が最大流速を示しており, 計算を行った点を白丸で示した. 枠内の範囲の津波ならば係留索が破断しない安全域とする. 本報では, 孤立波による 1 波のみの計算であるが, 実際の津波は何波も入射するため, 1 本でも係留索が破断すれば安全性を著しく損なうことが考えられるため, 全く破断しない範囲を安全域として定義する. Fig.3.1 を見ると, 波高が 4.0m で入射したときに Line3 が破断した. また, 波高が 5.0m で入射したときには Line3, 4 が破断した. Fig.3.2 を見ると, 波高が 5.0m で入射したときに Line2, 3, 4 が破断した. Fig.3.3 を見ると, 波高が 3.0m で入射したとき Lien3 が破断した. また, 波高が 4.0m で入射したとき Line3, 4, 5 が破断し, さらに波高が 6.0m で入射したときには全ての係留索が破断し, 船舶が岸壁に乗り上がる結果となった. 係留索が全て破断した船舶は漂流し, 様々な構造物と衝突する可能性が高く, 非常に危険であるといえる. 船舶が岸壁に乗り上がる挙動をし始めた範囲もチャート上に示した. Fig.3.4 は, より安全側に評価するため, 各入射角度の破断チャートの中で最も安全域が狭いものを採用した. また, 津波が入射した後に, 比較的早期に破断するブレストラインとスプリングラインが破断し始めた範囲もチャート上に示した.

4. 結言

本研究では, 以下の知見を得た.

- 1) ブレストラインやスプリングラインなどの長さが短い索から破断し始めていく.
- 2) 0 度や 45 度に比べ, 90 度で入射した津波は船舶の係留索に, より大きな荷重を与える. また, 係留索破断後に岸壁に乗り上がり, 陸域を漂流する危険性がある.

今後は船舶の規模の種類をさらに増やし, 係留索破断チャートを作成していく. また, 係留索の増し掛けによる影響も考慮した検討を行っていく.

謝辞

本研究を進めるにあたって, 数値計算のご支援をして頂いた増田光弘先生 (東京海洋大学 助教) に深く感謝を申し上げます.

参考文献

- [1] S.Koshizuka and Y.Oka, Moving-Particle Semi-implicit Method for Fragmentation of Incompressible Fluid, Nucl. Sci. Eng, 123, pp.421-434, 1996.
- [2] 増田光弘; 津波中の浮体挙動解析への粒子法の適用性に関する研究, 日本大学博士論文, 2009.
- [3] 社団法人 日本海難防止協会; 地震に伴う津波に対する安全防災対策の調査研究, 海難防止の調査研究事業報告書, 1981.

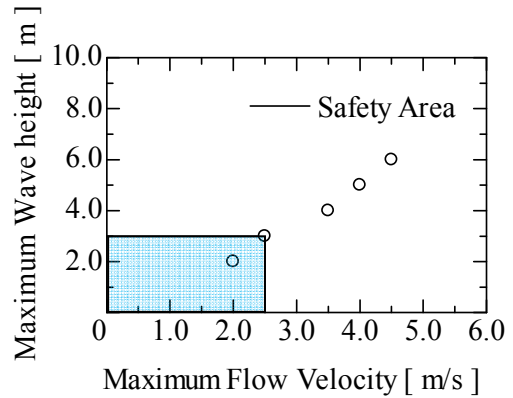


Fig.3.1 Chart of breaking of mooring tether (0degree)

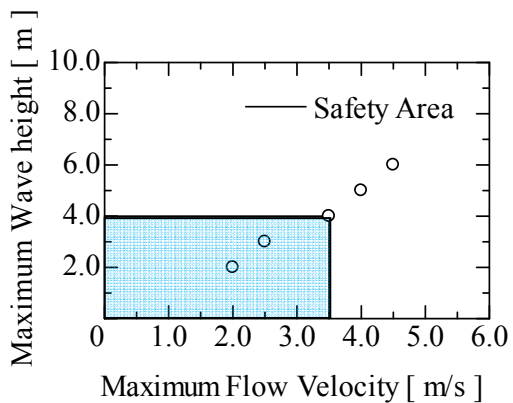


Fig.3.2. Chart of breaking of mooring tether (45degree)

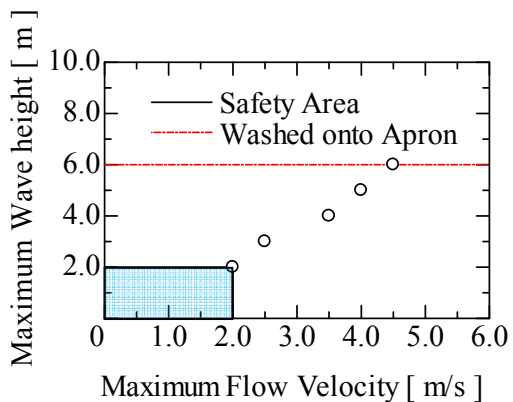


Fig.3.3 Chart of breaking of mooring tether (90degree)

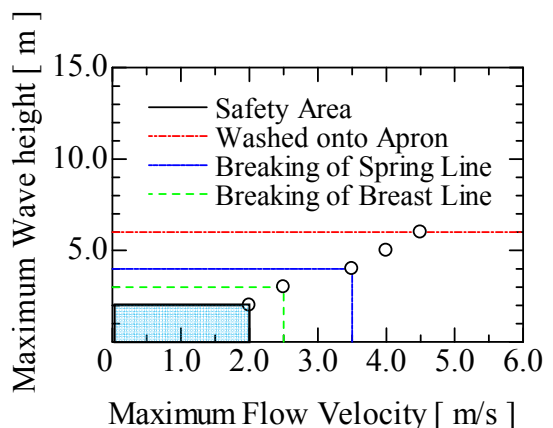


Fig.3.4 Chart of breaking of mooring tether (Total result)