

平成22年 5月20日現在

研究種目：基盤研究（B）（一般）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19360399
 研究課題名（和文）津波発生時の船舶・浮体式構造物を対象とした
 沿岸域ハザードマップの開発
 研究課題名（英文）Development of Marine Tsunami Hazard Maps in Coastal Zone for Floating
 Vessels and Structures
 研究代表者
 増田 光一（Masuda Koichi）
 日本大学・理工学部・教授
 研究者番号：10120552

研究成果の概要（和文）：本研究は東海、南海、東南海沖を震源とする海底断層地震の発生に伴う津波により清水港がどのように被災するのかを明らかにし、その状況を事前に把握し、必要な対策を講じることが可能なハザードマップの開発を目的とした。特に、清水港内の係留船舶やヤード内のコンテナ等が津波遡上によって被る被害を数値計算によって予測した。その結果に基づき、海上ハザードマップと岸壁付近の構造物被害ハザードマップが開発された。

研究成果の概要（英文）：In this study, tsunami disaster of Shimizu port caused by Tokai, Nankai or To-Nankai earthquakes is made clear and that conditions are understood before the disaster occur. Using the understanding, it is an objective to develop a hazard map by which countermeasure to the disaster can be made. Disasters caused by washed onto a wharf of moored vessels and containers being a yard due to tsunamis have been predicted with numerical calculations. The marine hazard map and the hazard map of building damage near wharfs based on results of the numerical calculations.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
19年度	5,000,000	1,500,000	6,500,000
20年度	4,200,000	1,260,000	5,460,000
21年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
年度			
年度			
総計	13,000,000	3,900,000	16,900,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・船舶海洋工学

キーワード：海洋流体力学、浮体工学、情報システム

1. 研究開始当初の背景

津波に関する研究は、津波発生から陸へと伝搬してくる様子を正確に予測するための伝搬シミュレーション技術と陸域での遡上

高さの予測という観点からのものが多い。陸上での被災はもちろん大きな問題であるが、被災する構造物は陸上だけに留まらず、船舶等の港湾内に浮かぶ構造物も同じである。申請者らはこのような浮体式構造物、の津波に

よる被災状況を予測するための技術的検討を行ってきた。しかしながら、予測された被災状況は広く認知・利用されなければ意味がない。陸上における津波による浸水ハザードマップは自治体ごとに広く整備が進められているが、船舶等被害を対象として、港湾における対策や産業防災の観点から有益な情報となり得るハザードマップは皆無である。これらを実現するには海域と陸域を一体的にかつ総合的に捉える視点からのハザードマップ整備が必要である。

2. 研究の目的

本研究では、港湾内に係留された船舶が津波によってどのような状況に陥るのかを、より正確に予測する計算手法を開発する。それらの数値シミュレーション技術を駆使しながら、特に静岡県清水港を対象に、東海、東南海、南海地震によって発生するであろう津波によって港湾が被る被災状況を把握する。そしてそれらの情報が防災対策に対して有益なツールとなり得るハザードマップを開発することを研究目的とする。特に産業防災の観点から利用価値の高い、ハザードマップの開発を意識し、物流機能の喪失・低下の可能性と問題の発生に対する対策案策定に供しうるマップを目指す。

3. 研究の方法

本研究は大きく次のようなグループ構成によって実施された。A)浮体の強非線形応答計算技術の開発、B)長波近似と浮体挙動予測技術の高精度化、C)数値シミュレーション結果の可視化、D)ハザードマップ開発

A)浮体の強非線形応答計算技術の開発

津波が港湾内に伝播して、それにより船舶等が岸壁に押し上げられる現象が想定されるが、そのより詳細な挙動予測は困難である。そこで、既に開発されている2次元MPS法の計算精度をさらに向上させるとともに、3次元MPS法を開発する。

さらに、船舶等が岸壁に遡上した後に、陸上構造物に対してどのような2次的被害をもたらすかについても数値シミュレーションによって予測するために、計算精度の検証を行う。そのために水槽実験も同時に実施し、実現象を把握しながら、数値計算の検証材料として利用する。

B)長波近似と浮体挙動予測技術の高精度化

長波近似による津波伝播シミュレーションと個別要素法(DEM)を統合することで、船舶や浮体構造物の津波中挙動を巨視的に予測可能である。すでに基本となる技術は開発済みであるが、係留系の条件汎用化や対象構造物、物体の多様化という観点からさらな

る被災想定と予測を実施する。港湾内では特に、コンテナの流出後の挙動は全く予測されておらず、航路閉塞という観点からは極めて問題視される。MPS法によるコンテナの海上への流出シミュレーションの結果をスタート状態として、複数コンテナの漂流シミュレーションを行う。この情報は産業防災計画に必要なことになる。

C)数値シミュレーション結果の可視化

津波発生から港湾侵入、およびDEMによる船舶・浮体挙動シミュレーション結果を可視化する。可視化は単に挙動を表現するだけでなく、動的ハザードマップへの応用が可能なシステムの検討も実施する。計算結果の可視化とは別に、Visual Basicにより動的ハザードマップの技術的検討も実施する。

D)ハザードマップの開発

GISソフトによる断層データのデータベース化および可視化の整備を行う。また、A)、B)およびC)の数値計算結果を基にした津波ハザードマップの開発を行う。産業防災計画に資するマップを開発するために、事業継続マネジメントについて整理するとともに、そのプラン作成に必要と思われる項目等を整理する。それらを踏まえたハザードマップをGISと汎用可視化ソフトを組み合わせながら提案する。

4. 研究成果

(1)MPS法による浮体の乗りあがり挙動

MPS法によって、岸壁へ乗りあがる浮体の挙動シミュレーションを実施し、その計算精度について検証した。港湾内に津波が伝播してきて、それにより船舶や浮体がどのような挙動を示すのかは、それ自身の被災やそれらの漂流による2次的、3次的被害の拡大という観点から、より正確な予測が必要不可欠である。本研究では、2次元MPS法コードの計算精度を水槽実験結果を比較することで示すことができた。結果の一例を図1に示す。遡上する瞬間から、岸壁上を滑る様子が実験結果と比較して良く再現されている。異なる設定条件であるが、図2に漂流後に固定壁に衝突したときの衝撃荷重について計算値と実験値を比較した。数値計算結果は実際の衝撃荷重の応答特性を定性的にも定量的にも再現できていることが分かる。

これらの検討より、2次元MPS法による被災予測が十分な再現性を有していることを示すことができた。

(2)津波伝播と浮体挙動予測

本研究では長波近似による津波伝播計算の精度を向上させ、さらに清水港を対象として被災予測を実施した。図3は清水港へ侵入する津波の様子であり、津波発生後の3分後

と6分後の流速ベクトルおよび水面変動のコンターである。津波発生後数分で清水港に第一波が到達する。よって、発生直後に対策を講じることは不可能である。

図4には遡上した津波によるコンテナの流出を定性的にMPS法によって予測し、DEM法によって港内での漂流シミュレーションと係留船舶の挙動計算を同時に実施した結果である。一部の船舶は係留索が破断して漂流する様子まで計算できている。

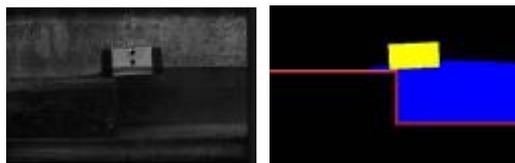
これらの結果より港内に発生しうる被害状況を把握することが可能である。特に、漂流物による航路閉塞は物流機能の観点から重要であり、これをハザードマップに反映させることで産業防災計画に対して有益な情報となる。

(3) ハザードマップの開発

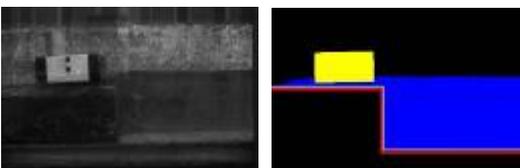
数値計算による津波被災状況の結果を基にハザードマップを開発した。GIS上で津波の初期波形情報を掲載できるシステムも開発した。図5に南海地震による津波初期波形データの一例を示す。これはGIS上でデータベース化されたものをGIS上で可視化したものである。

清水港を対象とした津波ハザードマップの一例を図6に示す。海域を対象としたハザードマップはこれまで提示された例がほとんどなく、特に、コンテナ船が接岸する主要岸壁近傍における被災状況を示せたことは大きな成果である。

図7に3次元MPS法による船舶の岸壁への乗りあがり、それに伴うコンテナの流出の様子を計算した結果である。このような複雑な被災状況を予測可能となった。



a) 岸壁への遡上の瞬間



b) 岸壁上への遡上後

図1 2次元MPS法による乗りあがり計算結果と実験結果の比較

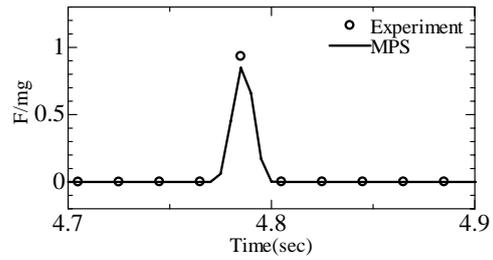
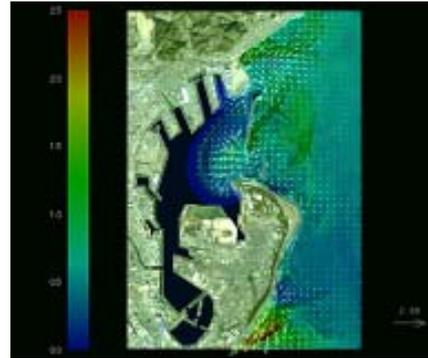
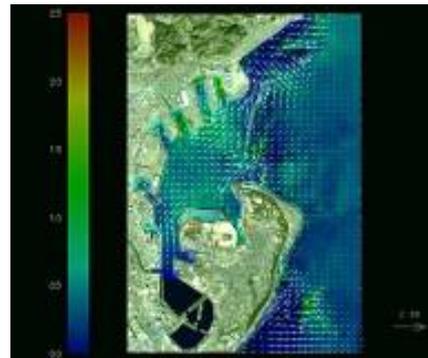


図2 2次元MPS法による漂流浮体の衝突力計算結果と実験値との比較



a) 津波発生後3分後



b) 津波発生後6分後

図3 清水港への津波伝播計算（流速および水面変動量）の結果

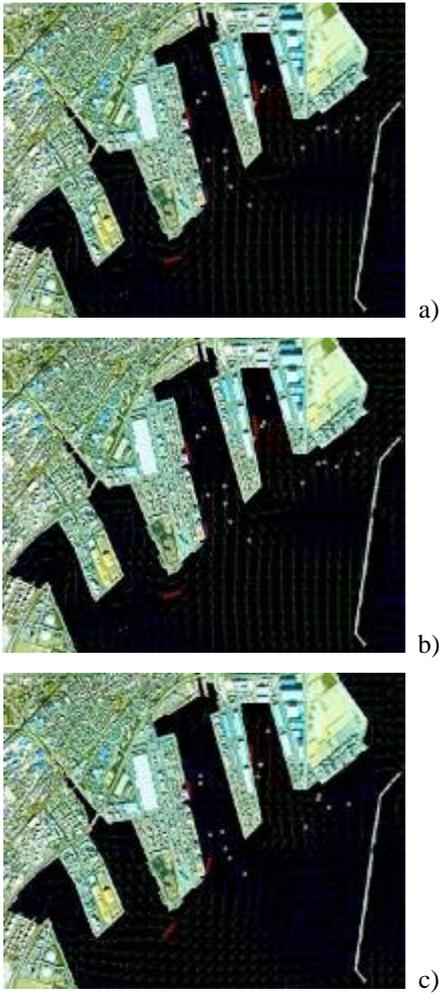


図4 コンテナと係留船舶の漂流計算結果

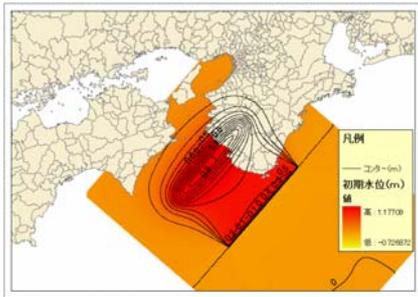


図5 GISでデータベース化された津波初期波形（南海地震）

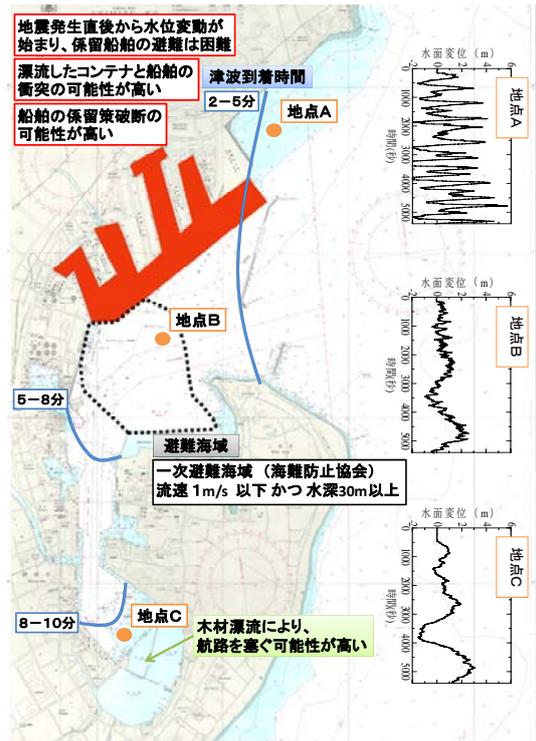


図6 清水港の津波ハザードマップ例

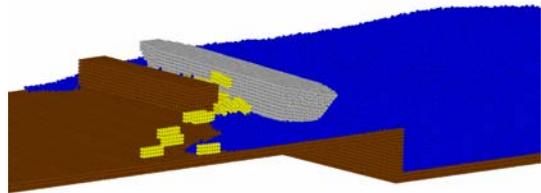


図7 3次元MPS法による船舶漂流およびコンテナ漂流予測

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計4件）

- 1) Mitsuhiro Masuda, Tomoki Ikoma, Koichi Masuda and Hisaaki Maeda, "Numerical Simulations of Tsunami Induced-Grounding on a Wharf of Vessels," Recent Advances in Marine Science and Technology 2008, the 9th refereed publication, PACON International, CD-ROM, 2009. (査読付)
- 2) 増田光弘, 増田光一, 居駒知樹, 前田久明, 小林昭男: 2次元MPS法による岸壁近傍に設置された浮体式構造物の津波中挙動解析に関する研究, 日本船舶海洋工学会論文集, 第9号, pp.37-44, 2009.6. (査読付)

- 3) 増田光弘, 増田光一, 居駒知樹, 前田久明: 津波による岸壁近傍に設置された浮体式構造物の挙動予測に関する研究, 海洋開発論文集, 第25巻, 土木学会, pp.81-86, 2009.6. (査読付)
- 4) 増田光弘, 増田光一, 居駒知樹, 鈴木雄太, 大塚文和: MPS法による船舶の岸壁への乗り揚がり挙動に関する研究, 第20回海洋開発論文集, 第24巻, 土木学会, pp.999-1004, 2008.7. (査読付)

[学会発表] (計7件)

- 1) 増田光弘: 2次元 MPS 法による津波の陸上への溯上と浮体式構造物の漂流シミュレーション, 日本沿岸域学会研究討論会 2009, 酒田, 2009.7.18
- 2) 増田光一: 港湾内の船舶を対象とした海域津波ハザードマップの開発, 日本沿岸域学会研究討論会 2009, 2009.7.18
- 3) Koichi Masuda, "Study on Drifting Distance and Collision Force of Floating Vessels Run on Apron by Tsunami," the ASME 28th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering (OMAE'09), ASME, Honolulu, 2009.6.3.
- 4) 増田光弘: MPS 法による岸壁近傍に設置された浮体式構造物の津波中挙動予測に関する研究, 日本船舶海洋工学会講演会, 神戸, 2009.5.28
- 5) 増田光一: 津波来襲時の船舶被害を考慮した海域津波ハザードマップの開発に関する基礎的研究, 日本沿岸域学会研究討論会 2008, 名古屋, 2008.6.18
- 6) 鈴木雄太: MPS 法による海岸近傍の浮体式構造物の挙動解析について, 日本沿岸域学会研究討論会 2008, 名古屋, 2008.6.18
- 7) Koichi Masuda, "NUMERICAL SIMULATION ON MOTION RESPONSES OF THE TSUNAMI-INDUCED

GROUNDING ON A WHARF OF FLOATING STRUCTURES USING THE MPS METHOD," the 27th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering (OMAE'08), ASME, 2008.6.17.

6. 研究組織

(1)研究代表者

増田 光一 (Masuda Koichi)
 日本大学・理工学部・教授
 研究者番号: 10120552

(2)研究分担者

なし。

(3)連携研究者

小林 昭男 (Kobayashi Akio)
 日本大学・理工学部・教授
 研究者番号: 80318360

林 昌奎 (Rheem Chang-Kyu)
 東京大学・生産技術研究所・教授
 研究者番号: 70272515

登川 幸生 (Togawa Sachio)
 日本大学・理工学部・教授
 研究者番号: 40139100

居駒 知樹 (Ikoma Tomoki)
 日本大学・理工学部・講師
 研究者番号: 50302625

前田 久明 (Maeda Hisaaki)
 日本大学・総合科学研究所・教授
 研究者番号: 80013192

大塚 文和 (Otsuka Fumikazu)
 日本大学短期大学部・建設学科・助教
 研究者番号: 60513984