

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 13 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24510247

研究課題名(和文)防波堤を越えた津波が引き起こす複合災害の危険度評価に関する研究

研究課題名(英文)Study on the risk assessment of complex disaster caused by the tsunami inundation

研究代表者

米山 望 (yoneyama, nozomu)

京都大学・防災研究所・准教授

研究者番号：90371492

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,300,000円

研究成果の概要(和文)：津波氾濫に伴う複合災害を予測するための解析コードを開発し、以下のように解析精度を確認した。このコードをまず、2011年東北津波の釜石湾での津波挙動に適用した。その結果、観測された津波痕跡を精度良く再現し、本コードの津波高さ等の解析精度を確認した。次に、橋桁に作用する津波波力に関する水理実験に適用し、津波波力についても適切に再現できることを確認した。さらに、流れを受ける係留船舶の係留索に作用する張力に関する水理実験に適用した結果、解析結果が実験に基づいて提案された係留索張力を精度良く再現したことから、流れから漂流物が受ける力を適切に予測できることが分かり、漂流物挙動解析手法の妥当性が確認できた。

研究成果の概要(英文)：A numerical code has been developed for predicting the complex disaster caused by tsunami inundation. The code was applied to the 2011 Tohoku Tsunami in the Kamaishi Bay. The simulation results are in good agreement with the measurement data such as tsunami height and the run-up height. Therefore the accuracy of the code has been confirmed. Next, the code was applied to the hydraulic experiment on the tsunami wave force acting on the girder of bridge over the river. As the result the analysis accuracy of the tsunami wave force has been confirmed. Moreover the code was applied to the hydraulic experiment on the mooring cable tension of the mooring ship in the water flow. As the result, the simulated tension is in good agreement with the proposed values which are estimated based on the hydraulic experiment. This result shows that the simulated fluid force acting on the ship is accurate. Therefore it is concluded that the validity of three-dimensional floating object analysis is confirmed.

研究分野：数値水理学

キーワード：津波 三次元解析 津波高 波力 漂流物

1. 研究開始当初の背景

日本ではこれまで、津波高さなどの被害想定が決定されると、それを上回る規模を想定した被害検討を行わない例が多かったことが、東日本大震災後の反省点として認識されるようになった。しかし、被害想定には限界があることが明らかになったため、今後は、それぞれの項目において想定を越えた最悪の被害を考慮した防災計画を立てる方向に日本が進んでいくと予測される。

津波災害の場合の最悪の被害とは、津波が防波堤を越えて生活圏まで押し寄せ、人体に影響が及ぶとともに、建物や構造物を破壊し、さらにそれらが漂流して被害を拡大させることである。このような状況をイメージとして想像することは難しいことではないが、実際に作用する津波力や津波漂流物の移動速度、衝突力といった力学的な諸量の想定・評価については、十分な精度で行えるほど研究が進んでいる状況ではない。これらの力学的な諸量は耐津波構造物の設計や避難計画の立案の基礎となるべきものであり、適切に予測できる技術の確立が急務となっている。

2. 研究の目的

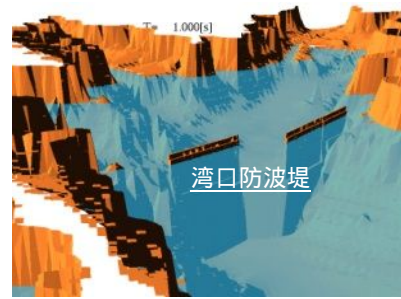
東日本大震災の経験から、津波が防波堤を越えて陸上部まで押し寄せた場合に地上の構造物等が受ける被害についての力学的評価が十分なされていないことが明らかになった。そこで、防波堤を越える津波本体の波力や津波漂流物の挙動などを正確に評価できる解析手法を構築するとともに、東日本大震災時に発生した現象などと比較して、その予測精度を検証する。

3. 研究の方法

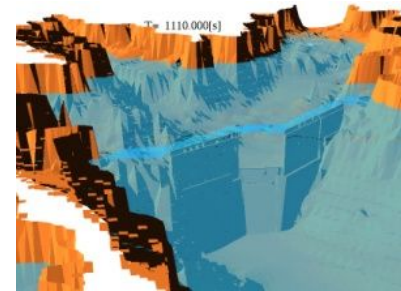
これまでの研究成果を踏まえて本研究で用いる解析モデルを開発したうえで、津波氾濫現象については釜石湾における津波流動への適用により、また、津波力や漂流物挙動については水理実験との比較により検証する。

4. 研究成果

(1)2011年東北地方太平洋沖地震津波の釜石湾における挙動に適用し、解析結果を調査結果と比較することにより、解析精度を検証した。図1に解析例、検証地点を図2に示す。開発したモデル(以下、本モデル)は、現地で観測された痕跡高を十分な精度で解析できることが分かりその精度が確認された(図3)。また、本モデルを用いて、釜石湾湾口に設置されている巨大な湾口防波堤の効果を検証したところ、釜石湾の湾奥部において大きな津波低減効果を発揮していることが明らかになった。(図4)



(a)津波来襲前



(b)津波越流時

図1 釜石湾における津波挙動解析例



図2 解析精度の検証地点

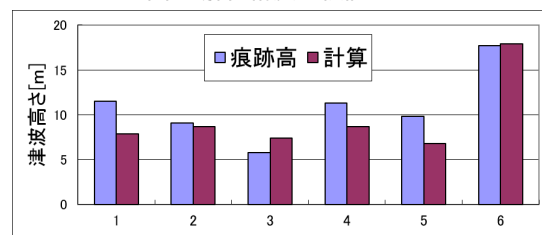


図3 解析精度の検証結果

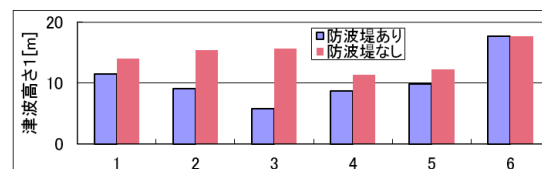


図4 湾口防波堤の効果検証

(2)本モデルを橋桁に作用する津波波力に関する水理実験に適用し、波力の解析精度を検証した。比較に用いた片岡らの実験装置のイメージを図5に示す。解析された津波挙動を

図 6 に示す．同図から橋桁近傍での複雑な津波挙動を適切に再現できていることが分かる．また、より高精度な解析のためには空気の影響も適切に評価する必要があることが示唆される．橋桁に水平に作用する津波波力の解析結果を実験結果と比較したところ、精度よく一致した（図 7）．また、初期水面と橋桁下端の鉛直距離 h を変化させた解析を行ったところ、 h の変化に伴う波力の変化を適切に再現できることが分かった（図 8）．以上より、本モデルが津波波力の予測検討に利用可能であることを確認した．

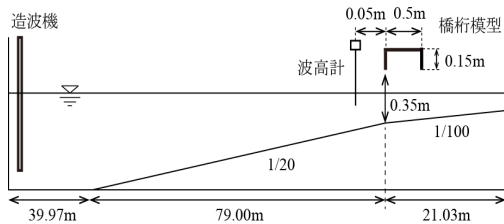


図 5 検証に用いた実験装置（片岡ら）

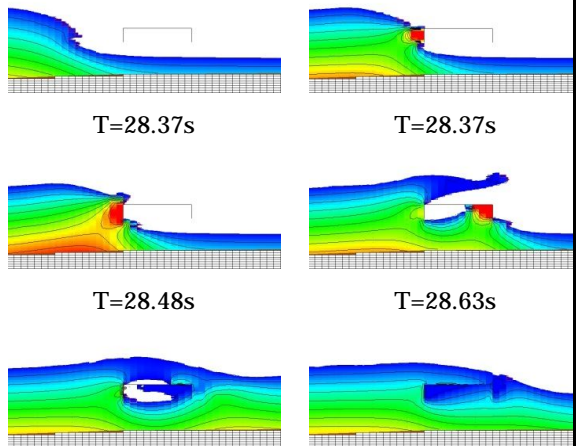


図 6 橋梁に作用する津波波力の解析例

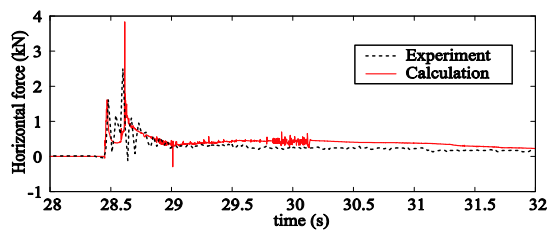


図 7 水平波力の比較結果

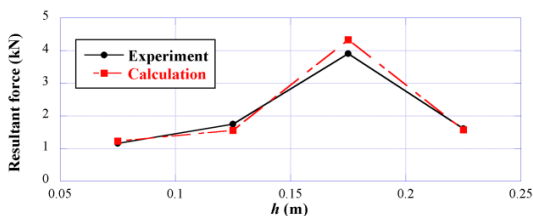


図 8 橋桁と水面の距離 h を変化させた場合の津波波力（合力）の実験結果との比較

(3)津波を受ける船舶の挙動に本モデルを適用した．図 9 に津波により移動する船舶の解析例を示す．同図から姿勢を変化させながら波を乗り越える様子を解析できていることが分かる．

嶋原らは実験により係留船舶に津波などの流れが作用した時の係留索張力算定式を提案している．図 10 に検討に用いられた実験装置のイメージを示す．本モデルで同様の解析を実施し、提案された算定式と本モデルの解析結果を比較したところ、係留索長さに対する張力の変化を高精度に予測できていることが分かった（図 11）．このことから、漂流物挙動を精度良く再現するために必要な、流れから受ける力を適切に再現できていることが分かり、解析手法の妥当性が確認された．

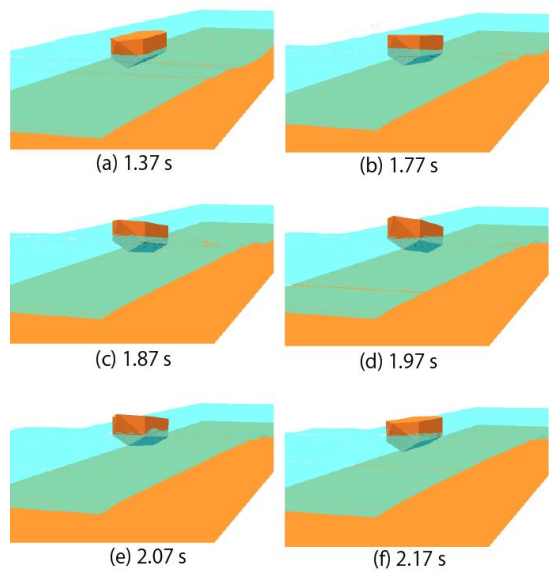


図 9 船舶三次元挙動の解析例

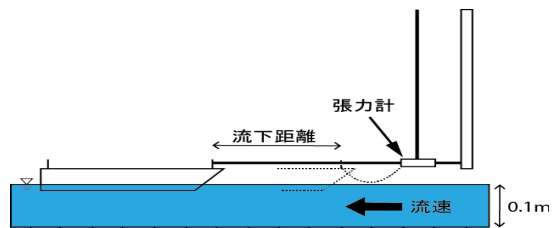


図 10 嶋原らの実験のイメージ

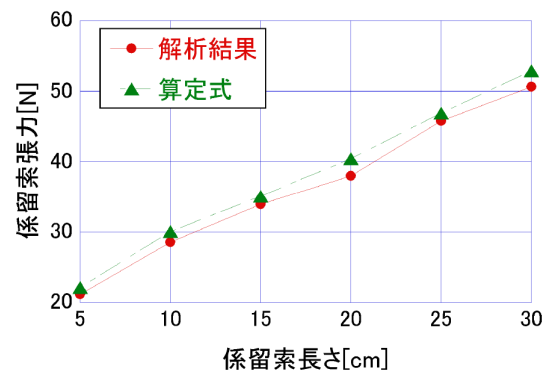


図 11 算定式と解析結果の比較

<引用文献>

片岡正次郎 他：津波衝突時に橋桁に作用する波力、第 12 回日本地震工学シンポジウム論文集、2006、pp.154-157 .

嶋原良典 他：津波時の船舶係留索に働く張力について、地域安全学会論文集、No.10、2008、pp.387-392 .

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 6 件)

William PRINGLE、米山望、2011 年東北地方太平洋沖地震津波に関する二次元・三次元ハイブリッドモデルの適用、土木学会論文集 B2(海岸工学) 査読有、69 巻、2013、I_306 - I_310

http://dx.doi.org/10.2208/kaigan.69.I_306

米山望、田中 豊、船舶の三次元挙動解析手法の開発と係留索張力による基礎的検証、土木学会論文集 B2(海岸工学) 査読有、69 巻、2013、I_331 - I_335

http://dx.doi.org/10.2208/kaigan.69.I_331

国領優、米山望、淀川遡上津波に及ぼす橋梁影響に関する数値解析的検討、自然災害科学、査読有、2013、Vol 32-2、133 - 144.

米山望、森信人、三輪真輝、2011 年東北地方太平洋沖地震津波の釜石湾における挙動の数値解析、土木学会論文集 B2(海岸工学) 査読有、68 巻、2012、I_161 - I_165

http://dx.doi.org/10.2208/kaigan.68.I_161

米山望、直田梓、橋梁に作用する津波波力評価に対する VOF 法に基づく数値計算法の適用性検討、土木学会論文集 B2(海岸工学) 査読有、68 巻、2012、I_246 - I_250

http://dx.doi.org/10.2208/kaigan.68.I_246

N. Yoneyama, Hi. Nagashima, and K. Toda, Three-dimensional numerical analysis to predict behavior of driftage carried by tsunami、Earth Planets Space、査読有、64 巻、2012、965 - 972

<http://dx.doi.org/10.5047/eps.2011.11.0965>

[学会発表](計 6 件)

William Pringle and Nozomu Yoneyama、Analysis of Flow Behavior around the Kamaishi Bay Offshore Tsunami Breakwater during the 2011 Tohoku Earthquake Tsunami、Australasian Coasts & Ports Conference 2015, Auckland, New Zealand、2015.

William Pringle and Nozomu Yoneyama、Solitary wave run-up on a plane beach using a two-way coupled depth-averaged shallow water - rans VOF model、The 19th IAHR-APD

Congress 2014, Hanoi, Vietnam、2014.

William Pringle and Nozomu Yoneyama、Development of a Hybrid 2D-3D Numerical Tsunami Model and Its Test under Various Conditions、Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems, Sendai, Japan、2014.

Yutaka Tanaka, and Nozomu Yoneyama、A Fundamental Investigation on the Three Dimensional Numerical Simulation of Moored Ship Behavior、Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems, Sendai, Japan、2014.

William Pringle and Nozomu Yoneyama、Development of Hybrid 2D-3D Numerical Analysis and its application to the Breakwater Overtopping and Inundation of the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake Tsunami in Kamaishi Bay、2013 IAHR Congress, Chengdu, China、2013.

Nozomu Yoneyama and Azusa Naota、Applicability of VOF-Method-Based Numerical Analysis to the Estimation of the Tsunami Force Acting on a Bridge、2013 IAHR Congress, Chengdu, China、2013.

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

[その他]

なし

6 . 研究組織

(1)研究代表者

米山望 (YONEYAMA, Nozomu)

京都大学・防災研究所・准教授

研究者番号： 9 0 3 7 1 4 9 2

(2)研究分担者

牛島省 (USHIJIMA, Satoru)

京都大学・学術情報メディアセンター

・教授

研究者番号： 7 0 3 2 4 6 5 5

(3)連携研究者

森信人 (MORI, Nobuhito)

京都大学・防災研究所・准教授

研究者番号： 9 0 3 7 1 4 7 6