

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 10 日現在

機関番号：12614

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24656530

研究課題名(和文) 船舶海洋工学技術を応用した浮体式津波シェルターの開発

研究課題名(英文) Development of floating large size Tsunami shelter applied naval architecture and ocean engineering

研究代表者

南 清和 (MINMAI, Kiyokazu)

東京海洋大学・海洋科学技術研究科・教授

研究者番号：30282883

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、襲来する大津波に対し避難等に利用するための浮体式シェルター、浮体式大型シェルターの開発を行った。本研究では、この浮体式大型津波シェルターの津波襲来時における挙動を明らかにすることを目的とし、設計した津波シェルターの縮尺模型を用いた水理実験を行った。加えて、大型津波シェルターの挙動を再現するための数値計算プログラムの開発を行い、水理実験結果と比較することにより、数値計算手法を検討し、計算精度の向上を目指した。その結果、水理実験から大型浮体式津波シェルターの津波襲来時における挙動が明らかとなった。また、開発した数値計算プログラムは実験結果と比較したところ良好な一致が得られた。

研究成果の概要(英文)：This study developed Floating Large size Tsunami Shelter (FLTS) which refuge from the approach of huge size Tsunami. In this study, it was carried out model scale experiment for the confirmation of behave within the huge size Tsunami. Furthermore, development a numerical analysis program for the simulation of FLTS behave in Tsunami. The improvement of numerical result was carried out by the comparison of experiment one. The results are shown that FLTS motion in Tsunami from model size experiment and numerical analysis simulation.

研究分野：船舶海洋工学

キーワード：防災 津波 シェルター 浮体

1. 研究開始当初の背景

2011年3月11日に我が国で発生した巨大地震により引き起こされた大津波は我が国の東日本海岸に広く襲来し、未曾有の被害をもたらした。これにより、我が国の津波防災はこれまで想定されていない大きさの巨大津波に対応可能な防災体制が求められた。これまでの津波対策については、沿岸域において海側では防波堤、防潮堤の整備が進み、また、陸域では高層の建築物を津波避難ビルとして指定し、津波襲来時には高台に避難することが出来ない避難者を一時的にそこへ収容し、津波被害から逃れるようにする対策が取られていた。しかしながら、先の震災では、想定を大幅に超える大津波が東日本沿岸を襲い、結果として、死者、行方不明者数が約2万人に及ぶそのほとんどが津波による犠牲者となった。整備した沿岸域の防波堤、防潮堤は津波のエネルギーにより破壊され、また、津波避難ビルも5階以上の高層階を持つものは屋上に避難した避難者は難を逃れたものの、3階程度の建築物には屋上を超える津波が襲来し、躯体の骨材のみを残し、部材が押し流されてしまった。このような建築物に避難した人はその多くが犠牲者となった。

2. 研究の目的

本研究では、巨大地震発生時に襲来する大津波に対し、陸域の海岸に違い市街地における防災施設の機能を持つ浮体式津波シェルターの開発に関する研究を行う。本研究にて提案する大型浮体式津波シェルターとは、平時には陸上の市街地等にて建築物として利用され、大津波襲来時には、避難民を収容後に津波の水量に応じて浮上することで津波の危険を回避し、襲来後は浮体上の建築物を避難所として使用するものである。研究ではシェルターの基本設計および数値シミュレーションによる津波ライ主事の挙動検証を行う。それを踏まえ、シェルター模型を用いた水理実験を行い、データ分析により得られた知見から具体的な大型浮体式津波シェルターの設計を行い、その実現性について提言する。

3. 研究の方法

- ①浮体式大型津波シェルターの基本設計を様々な検討を行った上で、実施し、それを基に水理実験に使用するシェルターの模型を作成する。
- ②シェルターの津波襲来時における挙動を再現したシミュレーションを実施するための数値計算プログラムを構築し、数値シミュレーションを行う。
- ③①で作成した模型を使った水理実験を行い、実験データを取得し、そのデータを解析したのちに②の数値シミュレーション結果と比較することにより、構築したシミュレーションプログラムの精度を向上させ、プログラムを完成させる。

4. 研究成果

(1) 大型浮体式シェルターの基本設計

本研究にて考案する大型浮体式シェルターの基本設計については、平時には陸上の建造物である体育館としての利用を考えた。この体育館としての利用は、災害時に大きな空間に避難民を収容することが出来ること、さらに津波襲来後は避難施設として多くの被災者等を収容することが可能であることからである。このシェルターにもとめられる避難民収容期間は1週間程度とし、その間の生活はこの体育館内で衛生設備、給食設備等が機能するよう、食糧、水および発電施設を備えるものとする。図1に提案する大型浮体式シェルターの概要図を示す。また、表1にシェルターに備蓄される食糧等の収容物品についてそれらの重量等を示す。今回の研究で提案する浮体式大型津波シェルターの幅が60m、内部高さは約11mである。本研究では、シェルター自身が津波襲来時、容易に浮上出来るようシェルターを堀に配置している。その他、堀にシェルターを配置することにより、津波が遡上を低減させる効果も期待できる。

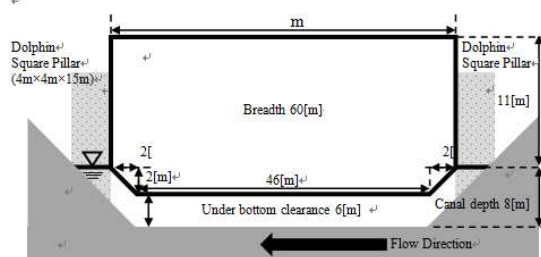


図1 大型浮体式津波シェルター概要

表1 大型浮体式津波シェルターの収容人員等

Item	Min. Provision	Per each person	Total
Min. Personnel	2000	Survival (30kg)	60000
Food, water & Goods	2000	Water (100kg) Food (10kg/30kg)	60000
Blanket & Life goods	2000	Blanket (1.5kg) Goods (1kg)	60000
Electricity			Shed (2000)
Sanitary			20000

(2) 縮尺模型による水理実験

基本設計を行った後、決定された要目を基に作成した縮尺模型を用いた水理実験を行った。図2に水理実験の概要を示す。実験に使用した縮尺模型の大きさは、実機の100分の1である。

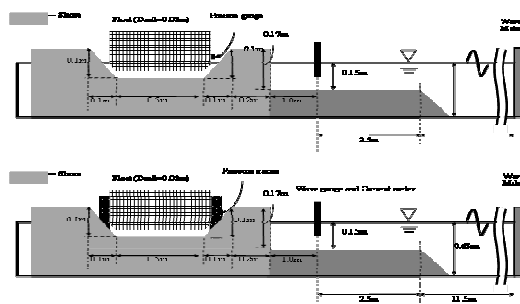


図2 水理実験の概要図

本研究において水理実験は大型浮体式津波シェルターを係留するものと係留を行わ

ないものの実験を行った。図2の上が係留無
 であり、下がドルフィン係留をおこなったも
 のである。実験は2次元水槽に行った。図の
 右手側から造波器により津波を模擬した孤
 立波を造波させ、模型に波を当てる。波中の
 模型の挙動はビデオ画像により記録し、画像
 解析により津波中の模型挙動を得た。その他
 水槽中に波高計を設置し、入射波の波高を計
 測した。模型には底面に圧力センサーを取り
 付け、波襲来時の模型底面における圧力変動
 を計測した。実験時に造波した波は波高がそ
 れぞれ、0.06m、0.08m、0.10m であり、これ
 は実機において波高 6.0m、8.0m および 10.0m
 の波を想定したものである。

(3) MPS 法を用いた数値シミュレーション

本研究では、水理実験の妥当性を検証する
 ために理論上での値と実験値との比較を行
 う必要があった。しかしながら、津波襲来時
 を想定した実験では、模型の挙動が激しいも
 のであり、通常の線形理論による再現が困難
 であると予想された。そこで本研究では、流
 体中の衝撃的な挙動の再現に実績があり、過
 去の研究において津波が襲来した想定での
 数値シミュレーションに採用され実績のある
 MPS (Moving Particle Semi-implicit method)
 法を採用した。MPS 法は流体粒子の挙動を
 時々刻々再現することにより、想定する流体
 領域内の流体挙動を再現する解析方法を採
 用している。図3に数値シミュレーションに
 用い

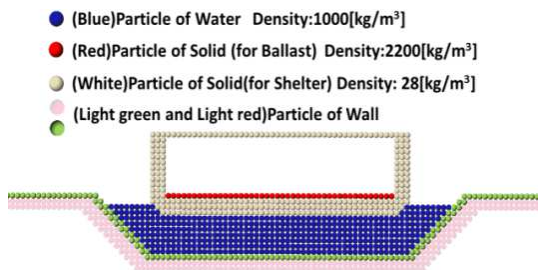


図3 数値シミュレーションの粒子配置図

た模型実健を再現した粒子配置図を示す。本
 研究において数値シミュレーションに使用
 した粒子数は 6574 個であり、粒子間距離は
 0.01m、計算に用いたタイムステップは 5.0×10^{-4} 秒である。またシミュレーションで再現
 した時間は 6.5 秒である。シミュレーション
 において再現した孤立波の波高は模型実験
 と同じ、0.06m、0.08m、0.10m である。

(4) 実験結果および数値シミュレーション結果

図4および図5に、実験および数値シミュ
 レーション実施の画像を示す。図4はシェル
 ターの係留が無い状態における実験および
 シミュレーション画像を示したものである。
 また図5は係留ありの画像を示している。図

はそれぞれ波がシェルターに到達した際の
 挙動を示す。

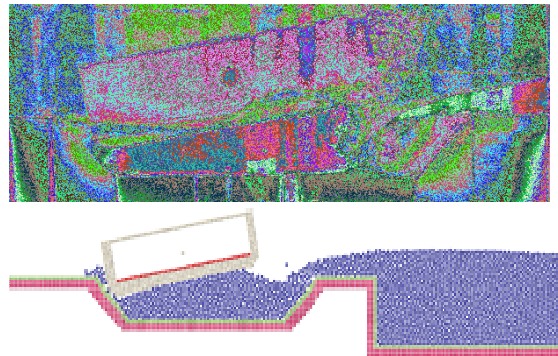


図4 係留がなしの場合の実験および数値シミュレーション時の画像 (上図: 実験、下図: シミュレーション)

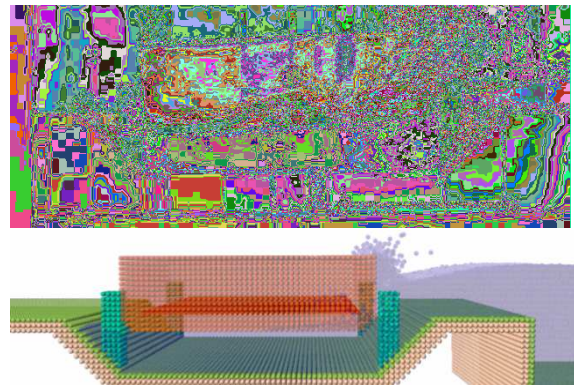


図5 係留がある場合の実験および数値シミュレーション時の画像 (上図: 実験、下図: シミュレーション)

図より実験において孤立波が到達した際の
 模型状態が明らかになっている。また数値シ
 ミュレーションの図からもおおよそ、実験時
 の流体挙動が再現されていることがわかる。
 実験の際に使用した孤立波の数値シミュレ
 ーションにおける再現状況を検証するため、
 波高計設置位置における水面挙動をシミュ
 レートし、波高計により記録された値との比
 較を時系列にて行った。図6にその結果を示
 す。

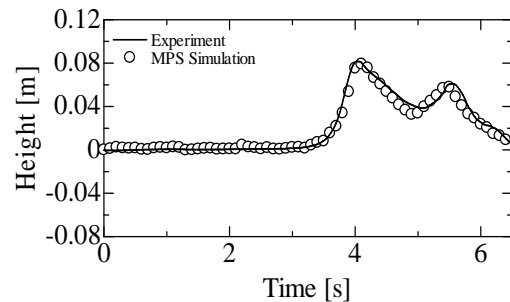


図6 波高計位置における波の挙動の比較

図は縦軸が波高であり、横軸は時間である。
 この図の結果は、入射波高が 0.08m のもの
 である。この図より入射波である孤立波につい

では数値シミュレーションの結果が実験値と一致していることがわかる。次に、図7に係留の無い状態における模型実験のシェルター模型挙動について示す。上図は模型の水平方向の挙動であり、下図は模型の垂直方向の挙動を示すものである。図中、縦軸はそれぞれの方向の挙動変位量であり、横軸は時間を示している。

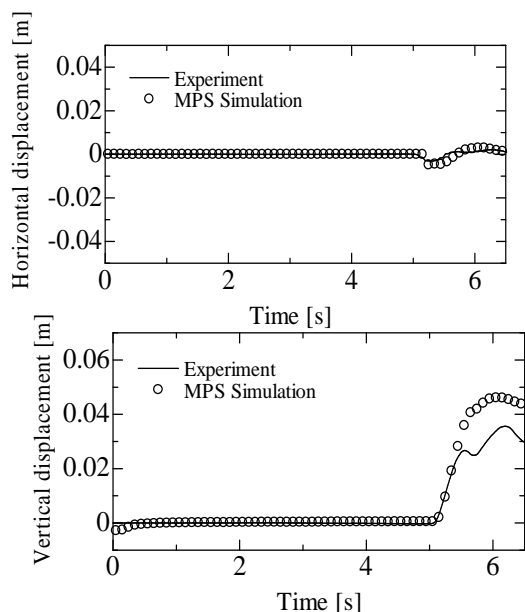
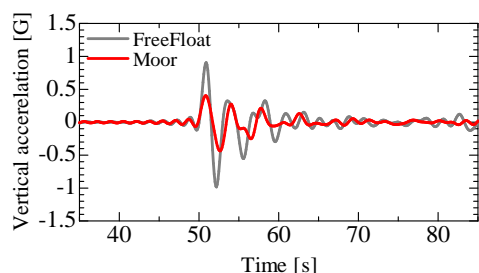


図7 係留の無いシェルター模型の波中における挙動の時系列（上図：水平方向変位、下図：垂直方向変位）

図から、係留の無い場合の模型の挙動については、水平方向は挙動が大きくなかつ、実験値およびシミュレーション値に大きな差異は見られない。一方で、垂直方向の挙動については値として約0.02から0.03m程度の変位が見られた。数値シミュレーションにおいては最大で0.05mの変位が見られる。係留の無い場合は、波襲来時に垂直方向の変位が短時間に増大することから、実機についても係留が無い場合は浮体挙動が大きくなることが考えられ、対策が必要となる。数値シミュレーションの結果は実験値との差異がみられたが、この点についてはMSP法の圧力計算に実現現象を考慮できていない点があり、更なる検討が必要である。図8に係留の無い場合とある場合の模型挙動の比較を示す。

図8 係留の有無によるシェルター模型の挙



動の違い

図は縦軸が水平方向の変位量として加速度を表し、横軸は時間を表している。また、黒線は係留無しの場合における加速度の変位量、赤は係留を行った際の加速度の変位量を表している。図より係留有の値が係留無しの値を下回る結果となった。これよりシェルターの係留については、係留がある方が津波襲来時のシェルターの運動を抑えることに役立つと考えられる。

(5) まとめ

- ①大型浮体式津波シェルターの基本設計手法について構築することが出来た。
- ②大型浮体式津波シェルターの模型を使った水理実験を実施し、考案したシェルターの津波襲来時における挙動を把握した。
- ③シェルターの数値シミュレーションを行うため、MPS法を採用した計算プログラムを構築し、水理実験で得られた実験値とシミュレーション結果を比較したところ、良好な一致が見られた。

以上より、本研究では巨大津波に対し、陸域にて津波からの避難者を収容し、津波の力から避難者を守り、さらには津波襲来後には日常生活レベル近い環境が提供できる大型浮体式津波シェルターの津波襲来時における有用性を明示したものである。今後は津波被害の防止に寄与できるようこの研究をさらに進める。

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0件）

〔学会発表〕（計3件）

- 1) 岸 拓真、南 清和、増田光弘、浮体式大型津波シェルターに関する研究 第2報、係留システムの検討、日本船舶海洋工学会平成26年度秋期講演会、2014年11月21日、長崎市内
- 2) Takuma KISHI, Mitsuhiro MASUDA, Kiyokazu MINAMI, Koichi MASUDA, Basic study of floating size Tsunami shelter, Asia Navigation Conference 2014, Nov.6th, Xiamen, CHINA
- 3) 南 清和、岸 拓真、増田光弘、川崎愛、浮体式大型津波シェルターに関する研究 第1報 シェルターの挙動、日本船舶海洋工学会平成25年度秋期講演会、2013年11月21日、大阪市内

〔図書〕（計0件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計0件）

名称：

発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者 南 清和
東京海洋大学・海洋科学技術研究科・教授
研究者番号：30282883

(2) 研究分担者
()

研究者番号：

(3) 連携研究者
()

研究者番号：