

# 浮体式津波避難シェルターの運動特性とその予測手法に関する研究

河海工学研究室 中東大輔

## Abstract

津波の襲来で危機的な状況に置かれた人々の生命を救う手段を考えることは重要であり、その一案として浮体式津波避難シェルターが提案されているが、既往研究より、波の作用直後に大きな回転が生じることがわかり改良が必要となった。そこで、本研究では、回転を抑制する一手段として二重式のシェルターを提案し、その運動特性を水理実験により明らかにすることを目的とした。その結果、避難空間である内殻シェルターにも回転が生じたが、この回転はシェルターの急激な並進運動に伴う慣性力が起源によるものであった。また、浮体式津波避難シェルターの設置場所を考える場合、津波の流動予測およびシェルターの挙動予測を行うことは極めて重要であることから、そのモデルの構築も合わせて行うこととし、その結果、津波の遡上計算の精度が向上すれば、本モデルにおいてシェルターの着底位置を概ね予測できることが確認された。

## 1. はじめに

従来、津波発生時の避難システムは、津波が発生してから襲来するまでの時間に、比較的標高の高い地点に住民を誘導するものが一般的であるが、近地で津波が発生した場合には、すべての住民が高所に避難する時間が十分に確保できない可能性や、避難経路が地震による被害を受けて高所への避難が容易ではない等の状況が危惧されている。さらに、避難を行う時間がある程度確保できる場合でも、高齢者や地震による重傷者、土地勘の無い海のレジャー客、水門閉鎖作業の従事者、住民への避難喚起を行う人等は、高所への避難行動を容易に行えない場合があり、差し迫った状況下に置かれた人々の生命を救う手段を考えることは、極めて重要な課題のひとつである。そこで本研究では、津波襲来時の危機的な状況に置かれた人々の緊急避難場所として、浮体式の津波避難シェルターの提案・開発を行っている。本シェルターは上部を避難空間として利用し、下部に浮遊時の安定性を得るための重錘の役割と備蓄の機能を備える空間を想定しており、海水浴場や浸水予想地域の公園、病院などに設置し、津波襲来時に高所へ避難する時間的余裕が無い人々に利用していただくことで、津波減災に寄与することを目的としている。

本シェルターの開発にあたり様々な検討項目があるが、現時点の重点課題としては、シェルターの運動特性の把握とシェルターの挙動を予測するシミュレーションの構築が挙げられる。シェルターの運動特性については、明知<sup>1)</sup>や重松ら<sup>2)</sup>により、津波作用時の並進速度や着底位置についての知見が得られているが、構造諸元によっては津波作用時にシェルターが大きく回転することが課題として指摘されている。さらに、シェルターに働く波力に

関する知見もまだ得られていない。そこで、本研究では、シェルターに避難した人々の安全を確保する一案として、避難空間である内殻シェルターと津波流体力から内部を保護する外殻シェルターの二重構造を有する浮体式津波避難シェルターを考案し（図-1 参照）、水理実験によって、内殻シェルターの運動特性および外殻シェルターに作用する波力と津波諸元との関係について検討することを第一の目的とする。

また、津波避難シェルターの設置場所を検討する場合には、津波の流動予測およびシェルターの挙動予測を行うことは極めて重要であり、その手法を構築する必要がある。そこで、本研究では、その基礎段階として津波の陸上遡上を表現するモデルおよびシェルターの着底位置を予測するモデルを構築し、実験結果との比較からこれらのモデルの妥当性について検証を行うことを第二の目的とする。

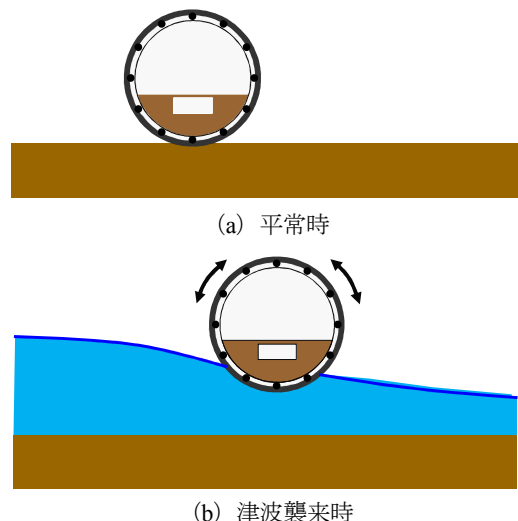


図-1 二重構造を有する浮体式津波避難シェルターの概念図

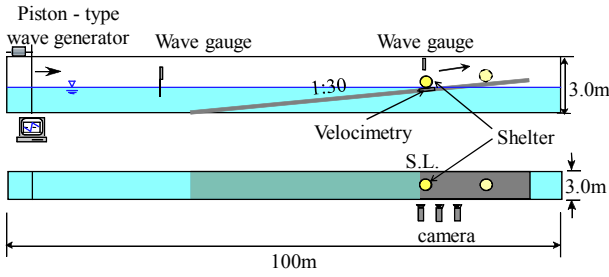


図-2 実験概要



写真-1 シェルター模型

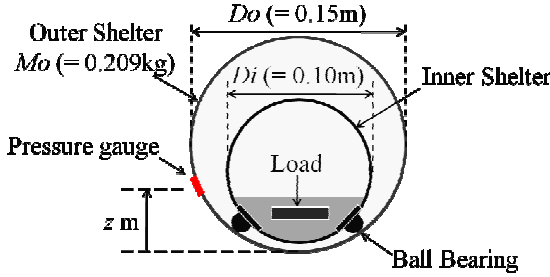
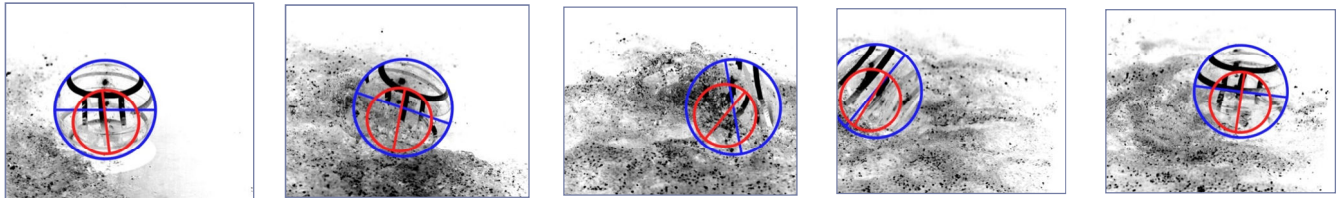


図-3 シェルター模型の概要

表-1 実験ケース

Model No.	総質量 $M$ [kg]	質量比 $M_i/M_o$	吃水 $H$ [m]	$H/D_o$
1	0.334	0.598	0.042	0.280
2	0.408	0.952	0.047	0.313
3	0.482	1.306	0.051	0.340
4	0.770	2.685	0.069	0.457



(a)  $t = 0.00$  s

(b)  $t = 0.12$  s

(c)  $t = 0.24$  s

(d)  $t = 0.36$  s

(e)  $t = 0.48$  s

図-4 孤立波作用時のシェルターの運動 ( $H/D_o = 0.340$ ,  $H_0 = 0.124$ m)

## 2. 作用波および質量の変化がシェルターの運動特性に与える影響

### 2.1 実験概要および実験条件

#### a) 実験装置

実験は、図-2 に示すような長さ 100m、幅 3.0m、深さ 3.0m の二次元造波水槽を用いて行った。水槽には、造波機から約 30m 離れた位置から勾配 1/30 の一様な斜面が設けられており、水平床部における水深  $h$  を 1.5m と一定にした。水平床部には容量式波高計、汀線上方に超音波式水位計をそれぞれ一台設置し、ピストン型造波機により孤立波を入射した際の水平床部の水位変動  $H_0$  および汀線の水位変動  $\eta_s$  を、また、汀線においては底面設置式電磁流速計を用いて、流速の経時変化  $v_s$  を計測した。

#### b) シェルター模型の概要

プラスチックで作成された外径が  $D_i = 0.10$ m 及び  $D_o = 0.15$ m の二球体を用い、前者を内殻シェルター、後者を外殻シェルターとする二重式津波避難シェルターの模型を作製した。重心が低くなるように内殻シェルター内部に鉛板をシリコンで固定し、その外部には真鍮製のベアリングを取り付けた後、内殻シェルターを外殻シェルターで被覆した。模型概念図を図-3 に、実験で用いた模型を写真-1 に示す。内殻シェルターの質量  $M_i$  を鉛板の質

量を変えることによって総質量  $M$  を変化させた。実験に用いたシェルターの総質量および吃水  $H$  を表-1 に示す。

#### c) シェルターの運動解析

シェルター模型を汀線に設置し、孤立波を作用させたときのシェルターの運動を、水槽側面の観察室から 3 台の高速度ビデオカメラを用いて、シャッタースピード 1/1000s、撮影間隔 125fps で撮影した。撮影にあたっては、水槽上部から 2 台のメタルハライドランプを用いた。予め、内殻シェルター及び外殻シェルターに縞模様をつけ、縞模様の傾きからシェルターの回転量を解析できるように工夫した。実験は同条件下で 3 回ずつ行い、得られた画像から内殻・外殻シェルターの斜面に沿った並進速度  $u_s$  および並進加速度  $a_s$ 、回転角  $\theta$ 、回転角速度  $\omega$ 、回転角加速度  $\alpha$  をそれぞれ求めた。

#### d) 津波作用波圧の計測

外殻シェルター外壁面の底面から 3~5cm の位置に波圧計を設置し、孤立波が作用した際の波圧  $P$  を計測した。実験は同条件下で 5~10 回ずつ行った。

### 2.2 シェルターの運動特性

図-4 は、 $H/D_o = 0.340$  のシェルター模型に  $H_0 = 0.124$ m の孤立波を作用させた直後の初期運動を撮影したものである。波が作用すると岸側へ移動を開始し、同時に内殻・

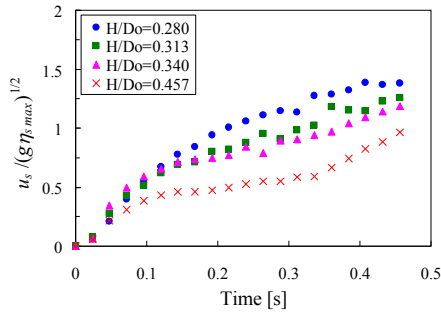


図-5 シェルターの並進速度( $H_0 = 0.099\text{m}$ )

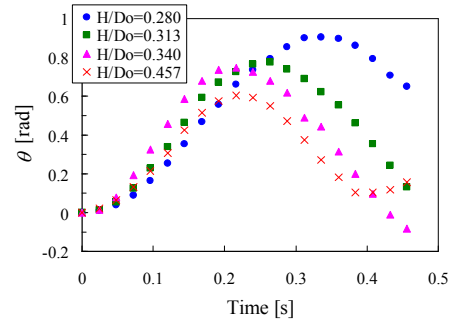


図-6 内殻シェルターの回転角度( $H_0 = 0.099\text{m}$ )

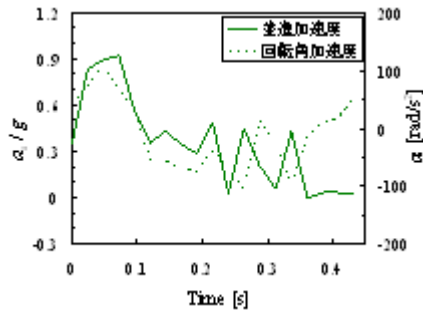


図-7 並進加速度と回転角加速度の経時変化( $H_0 = 0.124\text{m}$ ,  $H/Do = 0.313$ )

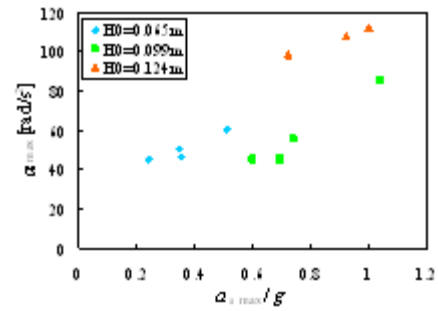


図-8 最大並進加速度と最大回転角加速度の関係

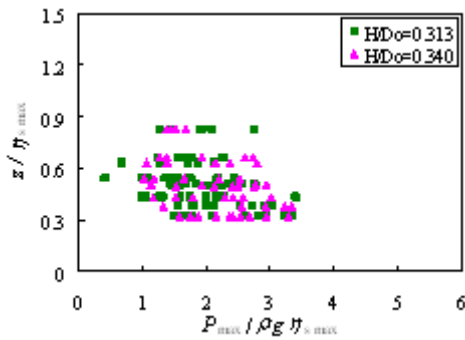


図-9 シェルターに作用する無次元衝撃津波波圧

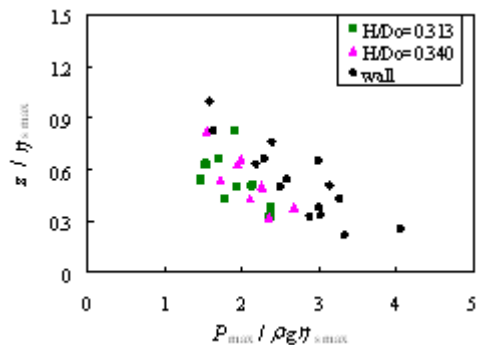


図-10 シェルターと鉛直壁への作用波圧(代表値)

外殻シェルター共に岸向きの回転を始める。その後、外殻シェルターは同方向へ回転し続けるのに対し、内殻シェルターには復元力が作用して元の状態に戻ろうと回転方向が反転する様子が見られる。そして、内殻シェルターは小さな振動を繰り返した後に初期の状態に戻る。なお、シェルターは着底後、引き波になっても沖側に流されることはなかった。

#### a) シェルターの並進運動

図-5は、 $H_0 = 0.099\text{m}$ の波が作用した直後の外殻シェルターの並進速度  $u_s$  の経時変化を表している。同図より、波が作用した直後の  $u_s$  は急激に増加し、時間の経過と共にそれぞれほぼ一定の速度に漸近し、その漸近速度は質量の増加と共に小さくなることもわかる。

#### b) 内殻シェルターの回転運動

図-6は、 $H_0 = 0.099\text{m}$ の波が作用した直後の内殻シェルターの回転角度の経時変化を表している。同図より、シ

ェルターの質量の変化により回転角度の最大値を示す時間に差が発生し、質量の増加に伴い回転角度の最大値は小さくなるのがわかる。次に、各ケースにおいて並進加速度と回転角加速度の経時変化を調べたところ、図-7に示すように、特にシェルターの運動開始直後において、回転角加速度の経時変化が並進加速度によく対応しているのがわかる。さらに、図-8は、並進加速度と回転角加速度の各最大値の関係について示したものであり、同一の作用波高においては線形の関係が見られる。以上のことから、内殻シェルターの回転は、波作用力を受けてシェルターに急激な並進加速度が発生したことで沖向きの慣性力が働き、その力により外殻シェルターの内壁面を駆け上がるため生じたものであると推察される。

### 2.3 シェルターへの津波作用波圧

図-9は、シェルターに孤立波が作用した際に計測された衝撃津波波圧と鉛直分布の関係を、共に汀線最大浸水

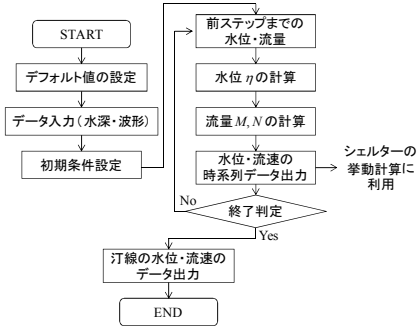


図-11 津波遡上モデルの計算フロー

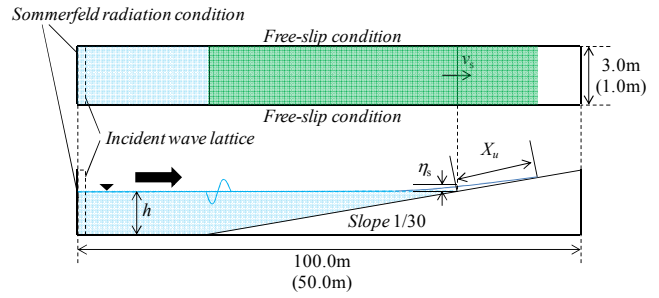


図-12 津波遡上モデルの精度検証の計算条件

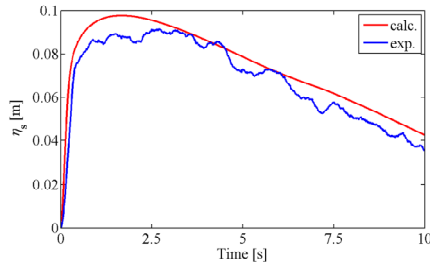


図-13 汀線浸水深  $\eta_s$  の比較(本研究,  $H_0 = 0.124\text{m}$ ,  $n = 0.015$ )

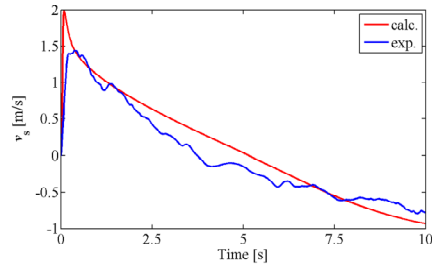


図-14 汀線流速  $v_s$  の比較(本研究,  $H_0 = 0.124\text{m}$ ,  $n = 0.015$ )

深  $\eta_{s \max}$  で無次元化した結果である。同図より、衝撃津波波圧は非常に大きければつきが見られるものの、底面に近いほど衝撃津波波圧の最大値は大きくなるのがわかる。次に、質量の違いによる衝撃津波波圧の傾向を見るため、各計測高さにおける波圧の平均値を代表値として示したものが図-10 である。これを見ると、シェルターの質量が増加すると作用波圧も増加するが、鉛直壁に作用した波圧と比較してシェルターへの作用波圧は大きく低減されることがわかる。以上のことから、津波避難シェルターが浮体式であることにより、衝撃津波波圧が低減されることが明らかとなった。

### 3. 津波陸上遡上モデルの構築

#### 3.1 基礎方程式

本モデルにおいて津波は非線形長波理論に従うものとし、以下の支配方程式を数値計算に使用する。

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + gn^2 M \sqrt{M^2 + N^2} / D^{7/3} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + gn^2 N \sqrt{M^2 + N^2} / D^{7/3} = 0 \quad (3)$$

ここで、 $\eta$  : 静水面からの水位上昇量,  $M$  :  $x$  方向の流量フラックス,  $N$  :  $y$  方向の流量フラックス,  $D$  : 全水

深( $=h + \eta$  ( $h$ : 静水深)),  $g$  : 重力加速度,  $n$  : マニングの粗度係数である。この基礎方程式の差分化にあたっては Staggered 格子を用い、水位等のスカラー量は格子中央、流量フラックス等ベクトル量を格子境界上に配置した後、空間・時間方向に2次精度の中央差分法である Leap-frog 法を用いた。なお、計算の安定のため、運動方程式の移流項は1次精度の風上差分とした。本モデルの計算フローを図-11 に示す。

#### 3.2 津波陸上遡上モデルの精度検証

本モデルの精度検証として、2章の汀線水位変動  $\eta_s$  および流速  $v_s$ 、また、重松らの実験における孤立波の最大遡上距離  $X_u$  との比較を行った。

##### a) 計算条件

計算条件は図-12 のように、各実験で使用した実験水槽を模擬し、格子間隔は長軸方向に  $\Delta x = 0.06\text{m}$ 、短軸方向に  $\Delta y = 0.3\text{m}$  (or  $0.2\text{m}$ )、時間間隔  $\Delta t = 0.01\text{s}$  とした。また、境界条件については、水槽側面は Free-slip 条件、岸側は階段型モデルを使用した遡上境界条件、沖側は Sommerfeld の放射条件とした。各実験で得られた水平床上の水位変動データを、計算領域の最も沖側のセルにおいて強制的に与えることによって造波した。また、 Manning の粗度係数は、コンクリート水路における一般値  $n = 0.015$  および津波計算でよく用いられる値  $n = 0.025$  とし、その違いを比較した。

##### b) 汀線浸水深と汀線流速の比較

図-13 は、 $H_0 = 0.124\text{m}$  の孤立波を入力し、 $n = 0.015$  としたときの汀線の水位変動の経時変化を比較したものである。同図より、初期の水位の上昇度合いや最高水位を

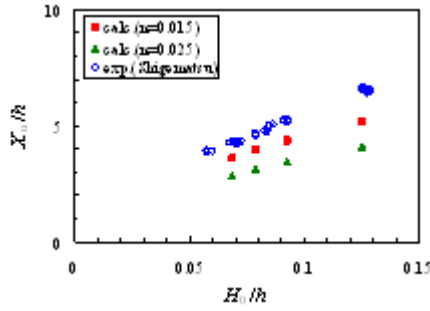


図-15 孤立波の最大遡上距離  $X_u$  の比較

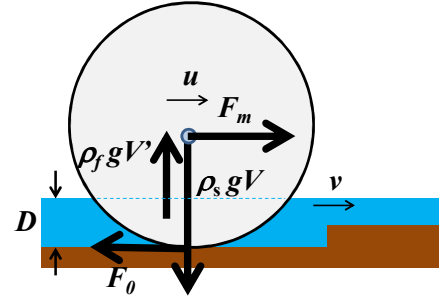


図-16 シェルターへの作用力

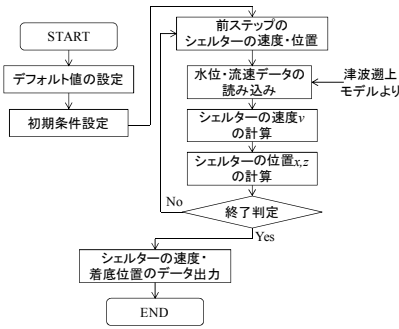


図-17 シェルター挙動モデルの計算フロー

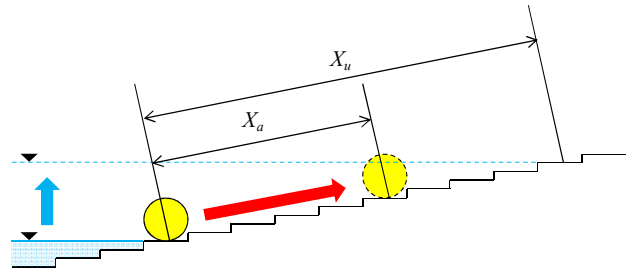


図-18 着底位置  $X_a$  の求め方

示す時刻にやや差は見られるものの、水位の変動傾向についてはどのケースにおいても実験結果を良く再現できている。次に、図-14 は、同じ計算条件における汀線の流速を示したものである。同図より、計算値は初期の流速の最大値が実験値に比べ過大評価されていることがわかる。これは、実験では波が汀線到達する前に砕波が発生しており、汀線到達時にはある程度のエネルギーを損失しているのに対し、今回のモデルにおいては、砕波モデルや分散項の導入といった乱流の影響を考慮しておらず、津波のもつエネルギーが実験時よりも大きい状態で汀線に到達したためと考えられる。

### c) 津波の最大遡上距離の比較

図-15 は、重松らの実験における孤立波の最大遡上距離  $X_u$  と沖波高  $H_0$  の関係について比較したものである。同図から、最大遡上距離は実験値に比べ過小評価されることがわかる。これは、Goto ら<sup>7)</sup>の知見より、階段型モデルを採用していることが原因であると考えられる。また、マニングの粗度係数が大きくなるほど、 $X_u$  をより過小評価することが確認された。

## 4. 浮体式津波避難シェルターの挙動予測モデルの構築

### 4.1 運動方程式

本モデルにおいては、シェルターは密度一定の球形の剛体とし、さらに回転による着底位置への影響は無いものとした。シェルターには図-16 に示す力が働くものとし、以下の運動方程式を解く。

$$\rho_s V \frac{du}{dt} = F_m - F_0 \quad (4)$$

$$F_m = \frac{1}{2} \rho_f C_D (v-u)v - u|A'| + \rho_f C_M V' \frac{d(v-u)}{dt} + \rho_f V' \frac{du}{dt} \quad (5)$$

$$F_0 = \mu(\rho_s g V - \rho_f g V') \quad (6)$$

$$x = x_0 + \int_0^t u dt \quad (7)$$

$$z = h(x) + \max(0, D - H) + r \quad (8)$$

ここで、 $\rho_s$ : シェルターの密度、 $V$ : シェルターの体積、 $u$ : シェルターの移動速度、 $F_m$ : 流体力、 $F_0$ : 底面摩擦力、 $\rho_f$ : 流体の密度、 $C_D$ : 抗力係数、 $v$ : 流体の速度、 $A'$ : シェルターの接水投影面積、 $C_M$ : 付加質量係数、 $V'$ : シェルターの接水投影体積、 $\mu$ : 静止(または動)摩擦係数、 $x$ : 水平方向の変位量、 $z$ : 鉛直方向への変位量、 $h$ : 地盤高、 $D$ : 水深、 $H$ : シェルターの吃水、 $r$ : シェルターの半径である。式(4)を2次精度の中央差分で離散化してシェルターの移動速度を求めた後、シェルターの位置を式(7)(8)により求めるものとする。本モデルの計算フローを図-17に示す。

### 4.2 挙動モデルの精度検証

#### a) 計算条件

計算条件は格子間隔・時間間隔とも津波遡上計算と同様とし、津波遡上計算で得られた流速・水位を該当する格子に挿入し、シェルターの挙動計算に使用した。流体力  $F_m$  やシェルターの接水投影面積  $A'$  および体積  $V'$  を算出するための流速  $v$  および水深  $D$  は、シェルターの中心位置における各値を与えるものとし、流速  $v$  は線形補間、

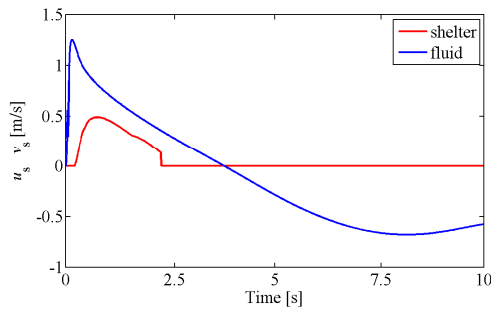


図-19 シェルターの移動速度  $u_s$  と汀線流速  $v_s$  の関係  
( $H_0 = 0.075\text{m}$ ,  $r = 0.060\text{m}$ ,  $H = 0.065\text{m}$ )

水深  $D$  はそのセルにおける値を一定とした。シェルターの初期位置は、シェルターの中心位置が汀線格子の中央となるようにした。シェルターは流体力  $F_m$  が底面摩擦力  $F_0$  よりも大きい場合に移動するものとし、抗力係数は谷澤ら<sup>9)</sup>による値  $C_D = 0.9$  を、付加質量係数  $C_M$  は野路ら<sup>10)</sup>による算定式

$$C_M = 1.15 + 1.15 \tanh\{(-2.0 + 2.5D/(2r))\pi\} \quad (9)$$

を使用した。また、摩擦係数  $\mu$  はプラスチックの静止摩擦係数として 0.2、動摩擦係数として 0.1 を与えた。そして、図-18 に示すようにシェルターの着底位置  $X_a$  を定義し、 $X_a$  と  $X_u$  の関係について重松らの実験結果と比較した。

#### b) シェルターの着底位置の比較

図-19 は、 $H_0 = 0.075\text{m}$  の孤立波を入力し、半径  $r = 0.060\text{m}$ 、吃水  $H = 0.065\text{m}$  のシェルターに作用させたときのシェルターの移動速度  $u_s$  および初期汀線位置における流速  $v_s$  の経時変化を示したものである。同図を見ると、汀線流速の変動から遅れてシェルターの移動速度が増加し、徐々に減速した後に着底する様子がわかる。また、引き波になってもシェルターが移動しないことを実験と同様に確認できた。着底時の急な減速について改良は必要だが、概ね実験の様子を表現できている。

次に、シェルターの着底位置  $X_a$  と吃水  $H$  の関係について、実験値と計算値を比較したものを図-20 に示す。同図より、計算値はやや過大評価となる箇所が見られるものの、概ね実験値に一致していることがわかる。このことから、津波遡上計算の精度が向上すると、本モデルでシェルターの着底位置は予測可能であるといえる。

### 5. まとめ

本研究では、回転抑制の一案として考案した、二重式の津波避難シェルターの運動特性を水理実験により確認した。その結果、波の作用に伴い内殻シェルターも回転するが、この起動力はシェルターの並進加速度増加に伴い生じる慣性力によるものであることがわかった。また、挙動モデルの構築に向けた基礎段階として着底位置を予

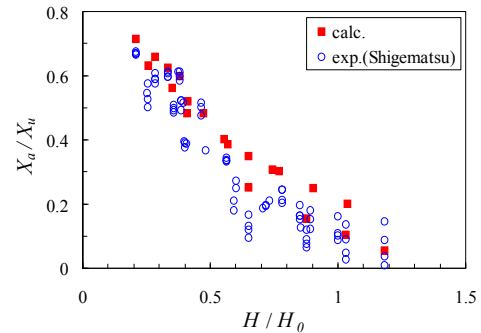


図-20 シェルターの着底位置  $X_a$  と吃水  $H$  の関係の比較

測するモデルを構築した。その結果、津波の遡上計算の精度が向上すれば、本モデルで概ね着底位置を予測できることが明らかとなった。

#### 【参考文献】

- 1) 明知頭三 (2007) : 浮体式津波避難シェルターの運動特性に関する基礎的実験, 大阪市立大学卒業論文.
- 2) 重松孝昌・明知頭三・小池敏也 (2008) : 浮体式津波避難シェルターの開発に関する基礎的実験, 海洋開発論文集, 第 24 巻, pp.105-110.
- 3) 朝倉良介・岩瀬浩二・池谷毅・高尾誠・金戸俊道・藤井直樹・大森政則 (2000) : 護岸を越流した津波による波力に関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第 47 巻, pp.911-915.
- 4) 有川太郎, 大坪大輔, 中野史丈, 下迫健一郎, 高橋重雄, 今村文彦, 松富英夫 (2006) : 遡上津波力に関する大規模実験, 海岸工学論文集, 第 53 巻, pp.796-800.
- 5) 後藤智明・小川由信 (1982) : Leap-frog 法を用いた津波の数値計算法, 東北大学工学部土木工学科資料, 52 p.
- 6) 小谷美佐・今村文彦・首藤伸夫 (1998) : GIS を利用した津波遡上計算と被害推定法, 海岸工学論文集, 第 45 巻, pp.356-360.
- 7) Goto, C. and N. Shuto (1983) : Numerical simulation of tsunami propagation and run-up, Tsunamis, - Their Science and Engineering, pp.439-451.
- 8) 菅原正宏, 大窪慈生, 菅原大助, 箕浦幸治, 今村文彦 (2003) : 津波により一様斜面上を移動する土砂および津波石に関する水理実験, 海岸工学論文集, 第 50 巻, pp.266-270.
- 9) 谷澤克治・南真紀子・井本泰司 (2001) : 球形ブイの波による漂流速度について, 独立行政法人海上技術安全研究所研究発表会講演集 (1), pp.27-32.
- 10) 野路正浩, 今村文彦, 首藤伸夫 (1993) : 津波石移動計算法の開発, 海岸工学論文集, 第 40 巻, pp.176-180.

## 討 議 等

### ◆討議 [鬼頭准教授]

実験に使用したシェルター模型のサイズは相似則等から決定したのか。

◆回答：シェルター模型のサイズは相似則等を特別考慮して決定したものではない。例えば、シェルターを工場で作成し陸上輸送を行うものとする、道路交通法等の制約からシェルターの直径は3m程度となる。その場合、本実験は約1/20程度のスケールであるといえる。

### ◆討議 [山口教授]

今回の実験で水槽幅が結果にもたらす影響はあるのか。また、数値計算において、シェルターに働く底面摩擦力の摩擦係数はどのようにして決定したか。

◆回答：本実験は2次元造波水槽で行っており、水槽幅3mに対してシェルターの径が15cmであるため、水槽幅が実験結果に与える影響は無いと考えてよい。摩擦係数については、津波によるコンテナの移動計算や津波石の数値計算等の既往文献を複数調べ、概ねその平均値として決定した。しかし、このような浮体構造物の摩擦係数については知見が少ないため、今後検証が必要である。

### ◆討議 [谷池教授]

シェルターは斜面を這うだけで浮くことはないのか。

◆回答：シェルターは、周囲の水位上昇に伴い浮力が大きくなることで、底面にはたらく重力が小さくなる。その結果底面摩擦力が小さくなり、流体力がそれに勝ると移動する。また、シェルター周囲の水位がさらに上昇すると、シェルターは浮遊する。したがって、シェルターが浮くかどうかは、シェルターの移動速度とその場における水深によって決まるため、本実験のように一様な勾配を持つ斜面では、斜面を這うような動きとなっている。

### ◆討議 [重松教授]

浮体に作用する波力と、防波堤などの固定物に作用する波力はどの程度違うといえるか。

◆回答：シェルターおよび固定壁に作用する波圧の平均値の比較より、シェルターに作用する波圧は6~8割程度に低減されており、波力も概ね同様に低減されるもの

と推測できる。しかし、本実験では波圧計の数量の都合上、作用波圧はある1点における計測を複数回行ったものであり、作用波の砕波後の非線形性を考慮するとシェルターに作用する波力について数個の波圧計による面的な計測を行うことが求められる。

### ◆討議 [谷口(与)教授]

シェルター内に避難した人の安全性等を考えると、加速度についてよく考慮したほうがいい。

◆回答：発表では詳細について省略したが、本実験においては最大で1G程度の非常に大きな並進加速度が生じている。本実験ではシェルターの質量が大きいため並進加速度は低減されることを確認しているが、避難空間の安全性を考えると今後さらなる検討が必要であるといえる。

### ◆討議 [木内講師]

津波避難シェルターのイメージをもう少し詳しく説明してほしい。

◆回答：イメージとしては、津波により漂流するコンテナや車のように、流体力に逆らわずに移動・浮上し、かつ、水の浸入や回転が無い様にして安全に呼吸する空間を確保できる構造物と考えていただきたい。

### ◆討議 [角掛講師]

イメージ図にある係留鎖は実験において考慮したのか。

◆回答：津波避難シェルターが提案された当初は係留鎖によるシェルターの係留を想定していたが、シェルターが津波により複雑な挙動をした場合ねじれ等により破断する可能性が高いこと、また、浮遊中に係留鎖とシェルターの継目部分に力が集中しシェルターが破壊することが考えられたため、本研究では考慮しないこととした。