浮体式津波避難シェルターを利用した津波避難に関する検討

秋田大学　学正員　○松谷 和明
正員　渡辺 一也

１．はじめに

東日本大震災の発生を受けて，従来想定よりもかなり巨大な津波が来襲することが予測されている．このような状況下で一人でも多くの人命を救うために，低地では津波避難タワーを設置することがある．津波避難タワーや高いビルはいわば最後の砦であるが，これらを越す津波が来襲した場合には，現在はそれ以降についての方策がなく，避難所である津波避難タワーやビルに到達できたとしても，被害を受ける可能性がある．そこで，本研究では従来の高所避難のみではなく，浮体式津波避難シェルターと併用したハイブリッドな避難手法に注目した．津波避難タワーやビルを超える津波来襲時における浮体式津波避難シェルターの挙動について検討を行う．

浮体式津波避難シェルターは上部を避難空間，下部を備蓄機能の空間とし，平常時は防災教育の教材等として，津波襲来時には高所への避難が困難な人に利用することで，津波による人的被害の低減に寄与することを目的としている．4 人乗り，6 人乗りの球体のものが主流であり，この他にも箱型のシェルターも開発されている．また，既存の研究では，平地に設置した場合の球体シェルターの運動特性等の研究がなされている（参考文献 [1), 2), 3), 4)]）．

２．模型実験

実験はシェルターを建物上に置いたケースと水路斜面上に置いたケースの 2 ケース行った．また，建物上に置いたケースでは，建物の前方，中央，後方の 3 か所にシェルターを設置した．

今回使用した津波氾濫流は一様水深部，一様勾配斜面部を伝播した後，平坦な陸上部を氾濫するゲート急開流れ（段波）で模擬した．実験水路の概略，測定機器の配置と諸記号の定義を**図-1** に示す．

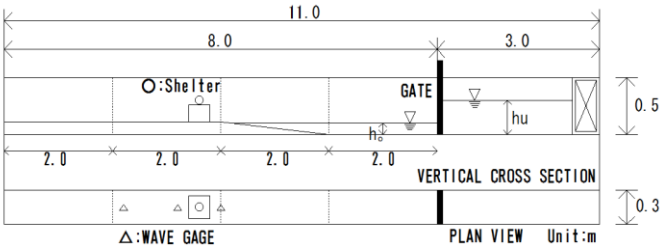


図-1　実験水路と測定機器の配置

実験水路は，高さが 0.50 m，幅が 0.30 m，貯水長が 3.0 m，一様水深部（静水深 h_0=0.067 m），一様勾配斜面部（勾配 S=1/26）が各々2.0 m で，平坦な陸上部が 4.0 m の全長 11.0 m の両面ガラス張り鋼製矩形水路である．水路下流端の壁は撤去してあり，氾濫流はそこを自由に透過できる．一様勾配斜面部と平坦な陸上部は塩化ビニル樹脂製である．

実験に用いたシェルター模型を**図-2** に示す．これらは，実物の浮体式津波避難シェルターを模擬しており，塩化ビニル製の縮尺 1/20 で，小さいものと大きいもの，人が乗っている場合とそうでない場合を考慮して 4 種類の模型を作製した（**表-1**）．また，建物模型は，縮尺 1/20 で，高さ 12.0 cm，幅 18.0 cm，奥行き 18.0 cm とし，重さは 2898g とした．シェルターの設置位置は**図-3** にあるように，津波が来襲する方向を前面として，建物上の前面から 3.0，9.0，15.0cm と位置を変えながら設置した．これは，設置する位置によってシェルターの挙動が変化するかを見るためである．

測定項目は，建物模型の前面から 10 cm と背面から 15cm，100 cm の 3 位置における超音波式変位計（（株）キーエンス，UD-500）による氾濫水深 h である．流況観察のため，水路の側方 2 か所からビデオ撮影も行った．

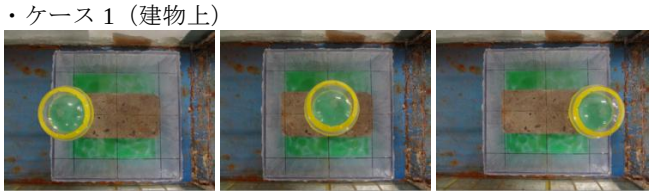
実験条件をまとめて**表-2** に示す．h_U は初期ゲート上流域の貯水深で，各ケース 3 回ずつ実験を行った．

図-2　シェルター模型（左から No.1,2,3,4）

表-1　シェルター模型の概要

模型 No.	シェルター直径 D(m)	重り (kg)	総重量 W(kg)
1	0.0635	×	0.0434
2	0.0826	×	0.0736
3	0.0635	0.0232	0.0671
4	0.0826	0.0348	0.1096

・ケース 1（建物上）



・後方　　・中央　　・前方

・ケース 2（斜面上）

No.1　　No.2

図-3　シェルターの設置位置

キーワード：津波，水理実験，避難シェルター　連絡先（〒010-8502　秋田市手形学園町 1-1　TEL 018-889-2884）

表-2　実験条件

	1)建物上の場合	2)斜面上の場合
貯水深 h_U (cm)	25.0, 27.5, 30.0	12.5, 17.5, 22.5
静水深 h_0 (cm)	6.7	
斜面勾配 S	1/26	
設置位置 L(cm)	前面から 3.0, 9.0, 15.0	ゲートから流れ方向に 170
模型の種類	No.1, 2, 3, 4	

３．実験結果と考察

図-4 は，模型 No.3，貯水深 h_U=27.55，設置位置 L=3.0cm の時の，建物模型前面 10cm に設置した超音波式変位計によって計算された来襲波高の時間変化のグラフである．図-5 は，上の条件で波が作用した時の様子を 30fps のビデオカメラで撮影したもので，その時のシェルターの移動した軌跡を図-6 に示す．なお，実験ではビデオカメラから見て右側から段波を当てているが，図-6 では左側を軸としてグラフを作成した．

波が作用すると，シェルターは傾きながら建物上をスライドするように移動することが分かる．この動きは，どの模型，貯水深，設置位置でも確認することができた．また，この条件の場合，落下時は傾いた状態で落ちていき，落下直後は一度底面に衝突した後，浮力によって浮きあがり，傾くことなく押し流されていった．

シェルターの傾きは，波高が高くなると，大きくなり，模型の重量が重くなると，大きくなることが一連の実験結果より明らかになった．さらに，設置位置については，シェルターを建物上の前に設置した場合と後ろに設置した場合とでは，前に設置した方が回転や傾きが少なく，挙動は安定していた．

４．おわりに

本研究では，矩形水路の制約上，シェルターの着定位置や細かな挙動，実際の建物を模擬するといったことができなかった．しかし，シェルターの設置位置や建物上や落下時の挙動等，実際に使用する際に考慮しなければならない点を明らかにすることができた．今後発生するであろう大地震による津波被害から，少しでも多くの人命を救うために，浮体式津波避難シェルターが有用かつ安全であること，一つの避難手段になりえることを多くの人に知ってもらいたい．

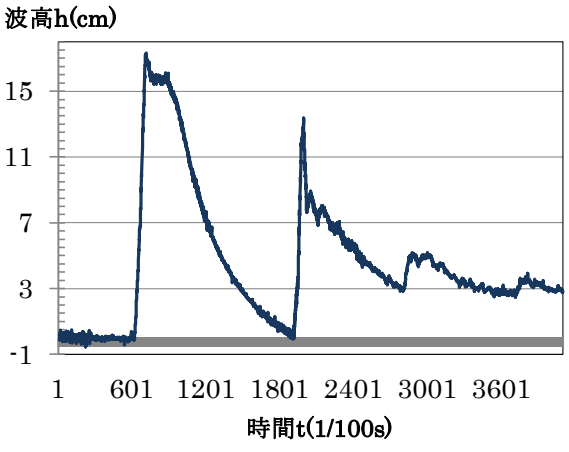


図-4　波高と時間変化

図-5　波作用時のシェルターの挙動

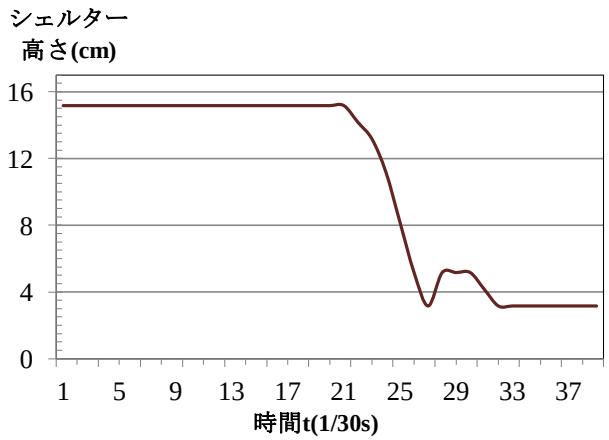


図-6　シェルター高さの変化と時間変化

参考文献

1)重松孝昌：浮体式津波避難シェルターの開発に関す基礎的実験，海洋開発論文集，第 24 巻, pp.105-110, 2008.
2)重松ら：二重式浮体式津波避難シェルターの運動特性に関する実験的研究，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.67, No.2, pp.I_751-I_755, 2011.
3)重松ら：浮体式津波避難シェルターの実用化に向けた取り組み，第 48 回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, pp.43-48, 2011.
4)松本ら：浮体式津波避難シェルターの運動予測モデル第 31 回日本自然災害学会学術講演会講演概要集, pp.81-82, 2012.