

浮体式津波避難シェルターの挙動に関する検討* ～第二波目以降が最大津波となるケースを想定した検討～

秋田大学工学資源学部 藤井 龍也

秋田大学大学院理工学研究科 渡辺 一也

1. はじめに

2011年の東日本大震災の発生を受けて、従来想定よりも巨大な津波が来襲されることが予測されている。今後、南海トラフ地震や首都直下型地震などの巨大な地震が予測される中で、防潮堤や高所避難などでは防ぎきれないような津波から身を守るための対策に加えて、避難後の対策も必要となっている。また、東日本大震災や2010年に発生したチリ地震のように、津波の第二波目以降が最大波となるケースもあり、その対応が求められている。そのため、高所避難と浮体式津波避難シェルターを利用したハイブリッドな避難に注目した。この手法は従来手法と組み合わせることにより生存率の向上を図るものである。避難者の安全面の観点から、津波作用時のシェルターの強度や挙動を再現するのは非常に重要な課題である。既往研究では、低地に設置した場合における津波作用時のシェルターの基礎的な運動特性が明らかにされた^{1) 2) 3)}。また、建物上に設置した場合のシェルターの挙動や波力についても検討が行われている^{4) 5) 6)}。しかし、それらは第一波目を対象としたものが多く、そのため、必ずしも最大波を対象としていない可能性がある。

そこで、本研究では、特に第二波目以降が最大津波となる場合を想定した水理実験を行い、シェルターの挙動や波高についての検討を行った。

2. 実験方法

水理模型実験は津波避難シェルターを建物上に設置したものと仮定して行った。建物模型の材料はアクリル板を使用し、中にはおもりとしてコンクリート片と粘土を使用した。大きさは奥行30cm、高さ15cm、幅14cmとし、開口部がないものとした。建物模型を図-1に示す。シェルター模型は6人乗りを想定しており、大きさは、直径8.6cm、重さ78.9gの球形の模型となっている。重量は相似則によって算定した。材質は塩化ビニルを使用しており、安定性と重量確保のため、模型の下部に油粘土を敷き詰めている。シェルター模型を図-2に示す。



図-1 建物模型

*Investigation of Tsunami Evacuation Using Floating Type Tsunami Evacuation Shelter on the Building by Ryuya Fuji and Kazuya Watanabe



図-2 シェルター模型

津波を模した模擬段波はゲートを急開することによって発生させた。実験水路の概略と機器については図-3に示す。超音波式波高計を建物模型前面から20cmのものを15ch, 9cmのものを14ch, 建物模型後背面から30cmのものを13chとする。実験水路は高さが0.50m, 幅が0.30m, 全長11.0m, 貯水長5.0m, 斜面勾配1/26の両面ガラス張り鋼製矩形水路である。縮尺は1/20とし、波高(H_0)や挙動等を計測して、シェルターを使った避難に対する評価を行った。

本研究では津波の第二波目以降を想定しており、第一波目の津波については建物模型付近に貯水することで表している。また、実験条件は表-1に示した様に、各ケース3回ずつ計54回実験を行った。

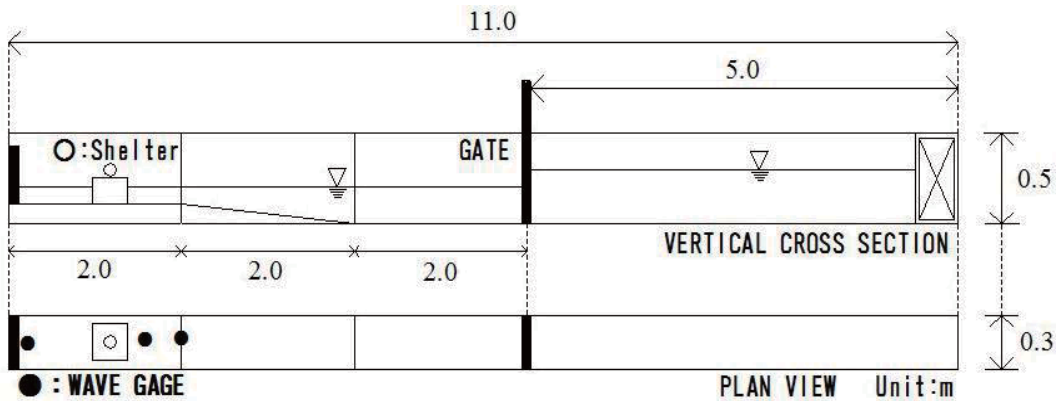


図-3 実験水路

表-1 実験条件

	止水板(大)	止水板(小)
貯水深(cm)	40.0 35.0 30.0	
静水深(cm)	15.0	7.5
斜面勾配	1/26	
設置位置(cm)	建物模型前面から 3.0 15.0 27.0	

3. 実験結果

今回の実験の一例として、静水深 7.5cm、貯水深 30cm で発生させた段波を入射させた際に計測した超音波式波高計の計測結果を図-4 に示す。建物模型の前後での波高の違いが見られ、建物模型前面(13ch, 14ch)では波高は急激に上昇し、建物模型後背面(15ch)では徐々に上昇していた。ピークの差は 1cm 前後見られ、建物模型前面の方が高い傾向が見られた。また、静水深を 15cm にした場合の超音波式波高計の計測結果を図-5 に示す。建物模型前面では波高は緩やかに上昇していて、水面からの水位の差は静水深 7.5cm の場合と比較すると約 4cm 見られた。

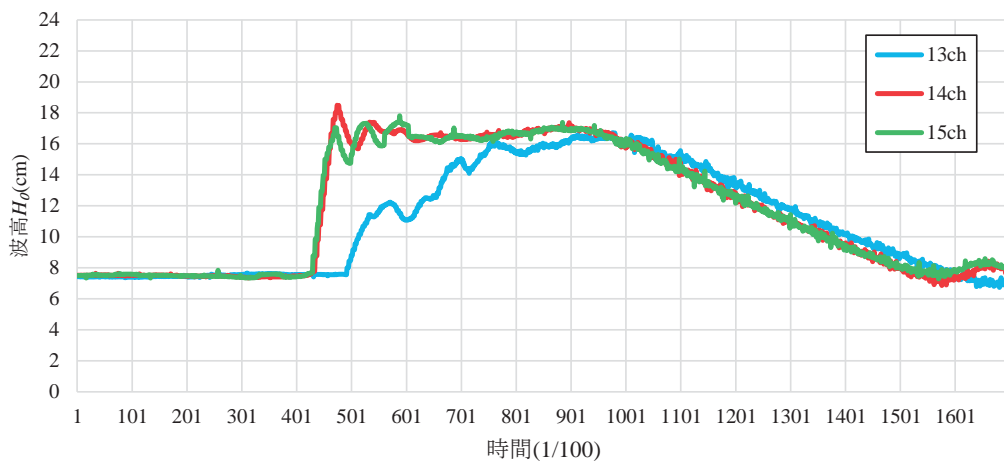


図-4 波高の経時変化例(静水深 7.5cm)

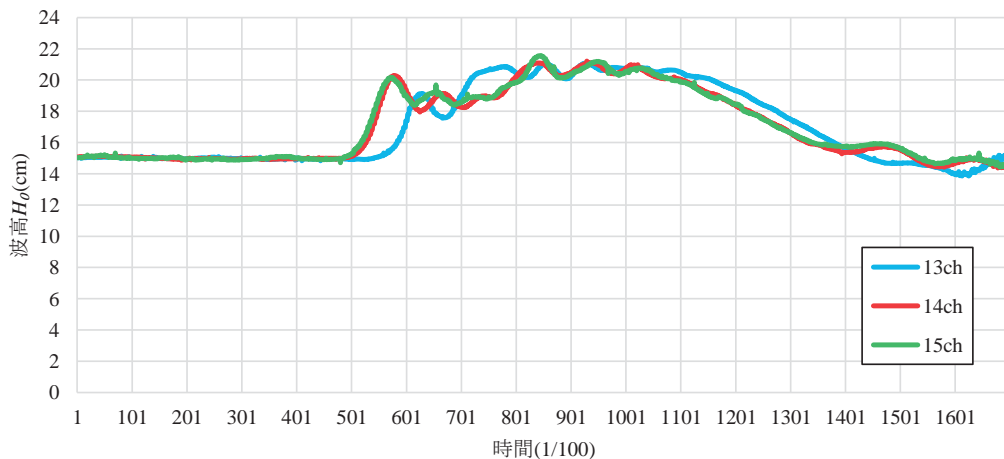


図-5 波高の経時変化例(静水深 15cm)

また、ビデオ解析の結果、シェルターの挙動を6パターンに分類した。それぞれの挙動の詳細について表-2に示す。静水深7.5cmの場合はパターンA, D, E, F,の挙動が見られ、静水深15cmの場合はパターンB, Cの挙動が見られた。このことから、静水深が挙動に大きく影響していると考えられる。

本研究では、球体シェルターの挙動を点プロットし、 x 成分と y 成分について移動距離を読みとった後、合成することによって球体速度とした。今回の実験で一番多かった挙動であるパターンCのキャプチャーを一例として図-6に示す。パターンCは静水深を15cm、貯水深が35cmと40cmの場合に見られた挙動で、球体速度やシェルター模型の傾きが大きく、不安定な挙動であった。

表-2 シェルターの挙動

	シェルターの挙動	54回	100%
A	建物模型から落下後、建物模型の後ろで回転する	11回	20%
B	水に浮き、安定な状態で流される	9回	17%
C	水に浮き、不安定な状態で流される	18回	33%
D	波と共に回転しながら流される	7回	13%
E	建物模型から落下後流され、回転しながら建物模型へ戻る	6回	11%
F	建物上に残る	3回	6%

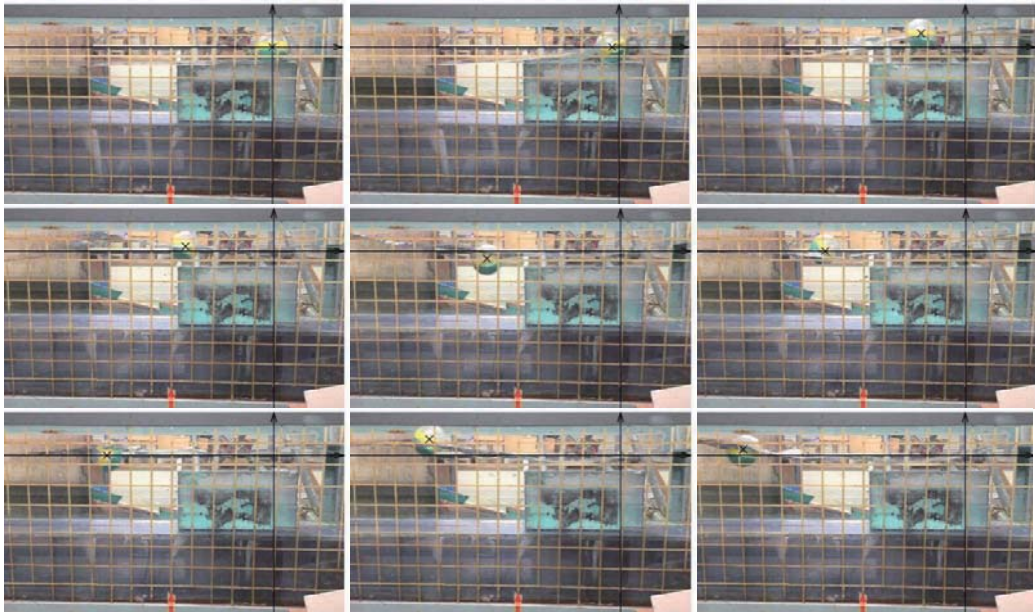


図-6 プロット写真(パターンC)

ここで、貯水深 40cm，静水深 15cm，シェルターの設置位置を建物模型前面から 27cm にした場合の球体速度を図-7 に示す。また、貯水深 35cm，静水深 7.5cm，シェルターの設置位置を建物模型前面から 15cm にした場合の球体速度を図-8 に示す。図-7 ではシェルター模型の挙動は 3 回ともパターン C に分類され、球体速度に大きな変動は見られなかった。図-8 では同じパターンであるが 3 回目のみ変化が見られた。

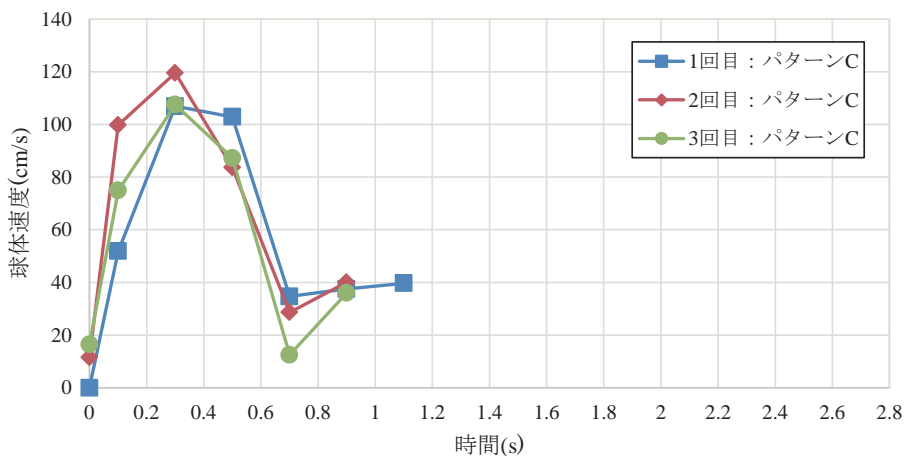


図-7 球体速度(パターン C)

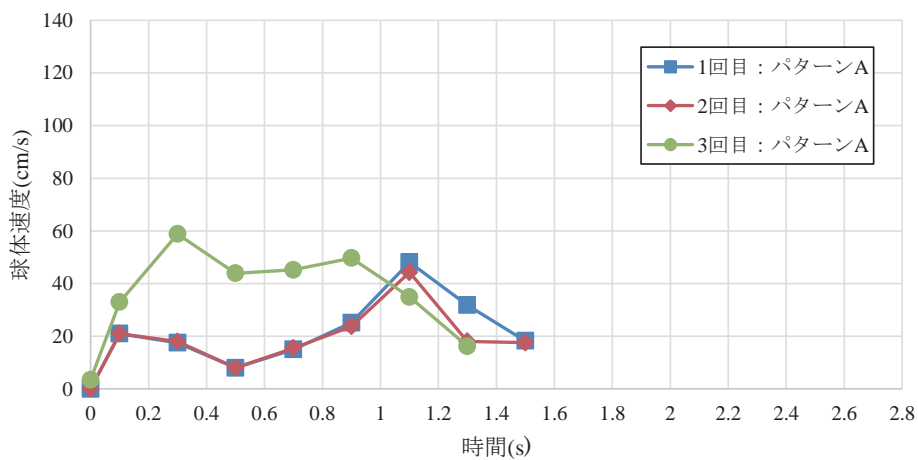


図-8 球体速度(パターン A)

次に、貯水深 30cm，静水深 7.5cm，シェルターの設置位置を建物模型前面から 27cm にした場合の球体速度を図-9 に示す。このケースではシェルター模型の挙動は 3 回とも違う挙動を示し、球体速度にもばらつきが見られた。

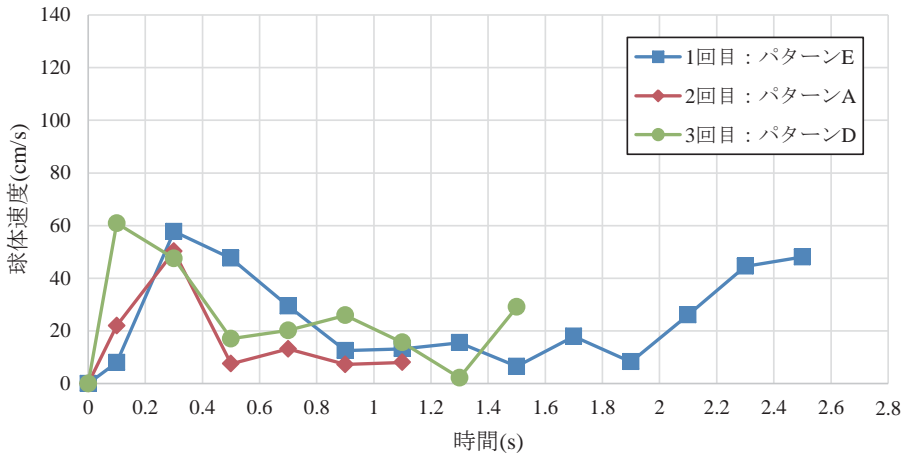


図-9 球体速度(パターン A, D, E)

3. おわりに

今回の実験ではビデオ解析による結果から、シェルターの挙動を6パターンに分類することができた。また、静水深の変化がシェルターの挙動に大きく関わっていることが確認できた。同じ条件でも異なる挙動を示す場合もあったため、今後はシェルターの移動速度についての検討や波高、流速などと合わせた解析を行っていく必要がある。今回の検討から、第二波目以降を想定した場合においても、浮体式津波避難シェルターは災害時の一時的な避難として有効であると考えられる。

謝辞

本研究を行うにあたり、秋田大学水工学研究室のメンバーの協力を得た。ここに記し、謝意を表する。

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る基礎的実験，海洋開発論文集，第24巻，pp.105-110，2008.
- 2) 重松孝昌・中東大輔：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) 松本弘史・重松孝昌：浮体式津波避難施設の運動予測に関する研究，土木学会論文集 B3 (海洋開発) Vol. 70, No. 2, pp. I_319-I_324, 2014.
- 4) 渡辺一也・金子祐一：津波避難ビル上に設置した浮体式津波シェルターの挙動に関する検討，土木学会論文集 B3 (海洋開発)，Vol. 71(2), I_701-I_706, 2015. (CD-ROM)
- 5) 遠野雄樹・渡辺一也：建物上に設置した浮体式シェルターの挙動分析と流速・波力に関する検討，土木学会東北支部技術発表会講演概要，2016 (CD-ROM)
- 6) 松谷和明，渡辺一也：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，土木学会東北支部講演概要集，II-63, 2014. (CD-ROM)