

第二波目以降が最大津波となる場合の津波避難シェルターの挙動に関する検討

秋田大学 学生会員 ○藤井 龍也
秋田大学 正会員 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。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トな避難に注目した。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浮体式津波避難シェルターの基礎的な運動特性が明らかにされた^{1) 2)}。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^{3) 4)}。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. 模型実験

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。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-1 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。

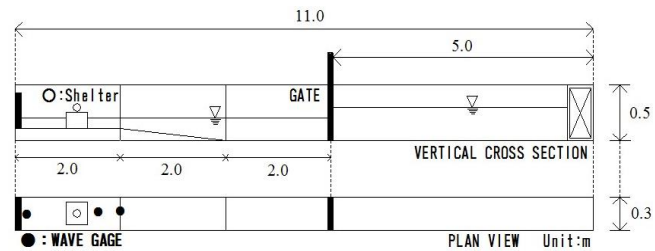


図-1 実験水路

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。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油粘土を使用した。

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-3 に示す。



図-2 シェルター模型



図-3 建物模型

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。

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. 実験データ

ビデオ解析の結果、シェルターの挙動を 6 パターンに分類できた。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。

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%

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、それらの値を合成することによって球体速度とした。画像のキャプチャー間隔は0.2秒ごとに設定している。今回の実験で一番多かった挙動であるパターンCのキャプチャー画像を一例として図-4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。

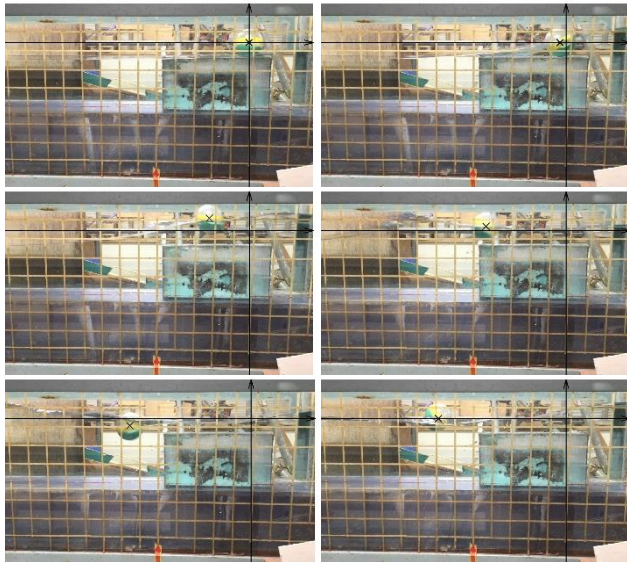


図-4 シェルターの移動(パターン C)

ここで、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-5に示す。このケースではシェルター模型の挙動は3回とも異なる挙動を示し、球体速度にもばらつきが見られた。このように3回とも異なる挙動を示したのは18ケース中2回見られ、どちらもパターンA、D、Eの挙動を示していた。これらの挙動は、建物模型後背面に発生する渦が影響していると考えられる。

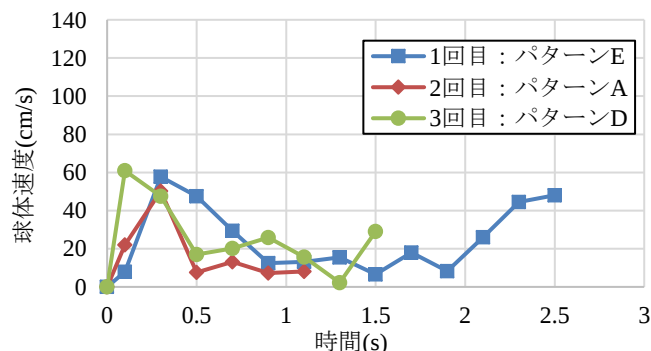


図-5 球体速度(パターン A, D, E)

次に、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-6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から 15cm にした場合の球体速度を図-7に示す。図-6では模型の挙動は3回ともパターンCに分類され、それぞれの球体速度に大きな変動は見られなかった。図-7では挙動は同じパ

ターンであるが1, 2回目は建物模型からの摩擦を受けながらゆっくりと建物模型から落下していたが、3回目のみ段波がシェルターに強く当たり、一気に建物模型から落下していた。これにより1, 2回目の球体速度は非常に近い値となっているが、3回目の球体速度のみ1, 2回目と異なっている。このことから、波の衝撃がシェルターの挙動に影響していると考えられる。

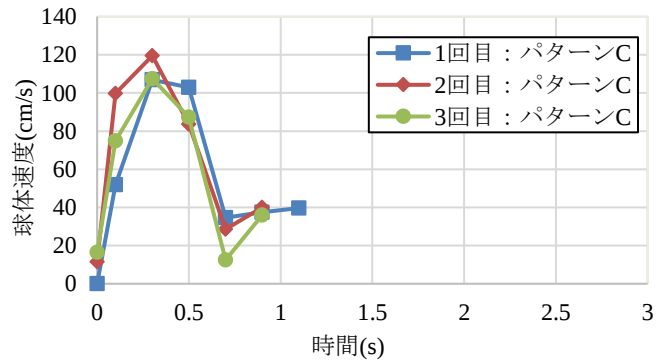


図-6 球体速度(パターン C)

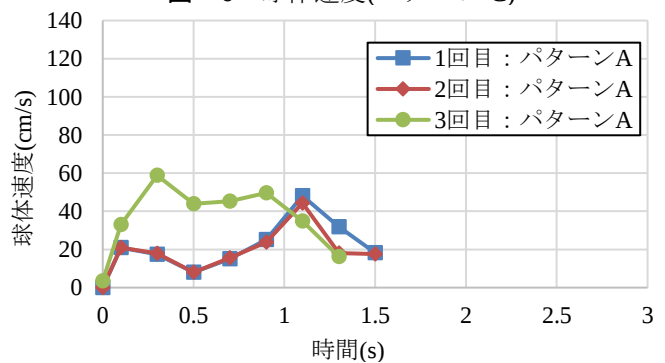


図-7 球体速度(パターン A, D, E)

4. まとめ

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、実験精度の向上、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、建物上に設置した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、秋田大学土木環境工学科水工学研究室のメンバーに協力を得た。ここに記し、謝意を表す。

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) 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。
- 3) 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研究発表会講演概要，2016（CD-ROM）
- 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）