

津波作用時における浮体式シェルターの運動特性と波力に関する検討

秋田大学 学生会員 ○国井 優太
秋田大学 正会員 渡辺 一也

1. はじめに

2011年の東日本大震災における津波被害を受けて、中央防災会議では、津波高の設定に関わる津波として次の二つのレベルを設定した。1:「発生頻度は極めて低いものの、甚大な被害をもたらす最大クラスの津波」、2:「最大クラスの津波に比べ発生頻度は高く、津波高は低いものの大きな被害をもたらす津波」である¹⁾。1の津波は、東日本大震災における津波のような従来想定を超える津波で、高所避難だけでは人命を守りきれない可能性がある。つまり、避難場所を超える津波への対策を確立することが重要になってくる。こうした背景の元、高所避難後の津波対策として、シェルターを活用した津波避難が検討されている。既往研究では、低地に設置した場合²⁾や建物上に設置した場合³⁾のシェルターの運動特性について検討が行われている。また、第二波以降の津波を対象とした場合についても検討が行われている⁴⁾。

そこで、本研究では津波作用時におけるシェルターの運動特性について波力、フルード数を用いて検討を行った。

2. 実験概要

実験では、縮尺 1/20 で作成したシェルター模型と建物模型を使用した。シェルターは球形で 6 人乗りを想定しており、模型の大きさは、直径 8.6cm、質量 78.9g である。質量はフルードの相似則で算出した。建物模型は、奥行 30cm、高さ 15cm、幅 14cm である。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を使用した。実験はゲート急開による模擬段波をシェルター模型に作用させることで行った。また、今回は第二波以降の津波を想定した実験を行うが、第一波の津波は建物付近に貯水することで再現している。実験では、シェルターに作用する波力と建物前面 9cm における波高を各条件 3 回ずつ測定した。また、フルード数を算出するにあたり、ビデオ解析によって先端移動速度を求めた。実験条件は既往研究⁴⁾を参考に決定した。実験条件を表-1 に示す(単位: cm)。なお、貯水深はゲート上端に貯めている水の高さ、静水深は建物付近に貯めている水の高さを示している。また、建物上に設置するシェルターの位置は水路上端から下端に向けて前、中、後の 3 通りで、それぞれ建物前面から 3cm、15cm、27cm の位置である。

表-1 実験条件

運動特性	A	B	C	D	E	F
貯水深	35	30	35	40	35	30
静水深	7.5	15	15	7.5	7.5	7.5
設置位置	中	中	中	中	後	中

3. 実験結果

今回行った実験の例として、パターン A とパターン C における波力の経時変化を図-1, 2 に示す。また、それぞれの条件における建物前面 9cm における波高の経時変化を図-3, 4 に示す。この二つのパターンでは、実験条件が静水深 5cm のみ異なるが、波力には大きな違いがあることがわかる。また、パターン A の波高に比べ、パターン C の波高は、変化が小さいことがわかる。

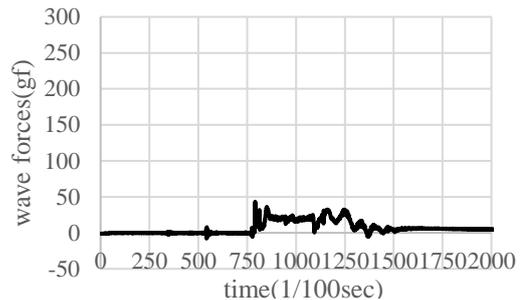


図-1 波力(パターン A)

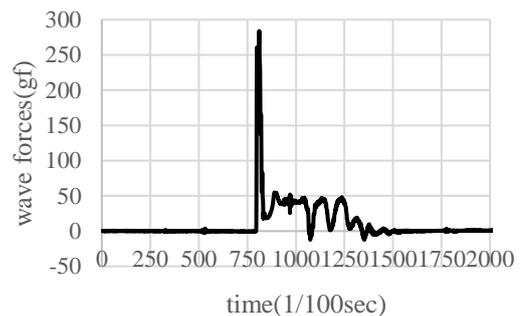


図-2 波力(パターン C)

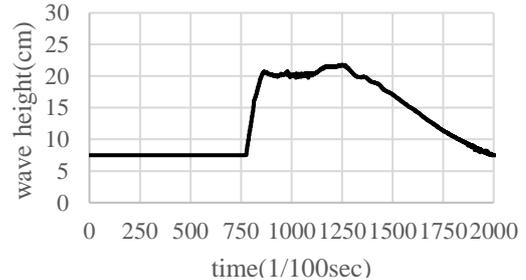


図-3 波高(パターン A)

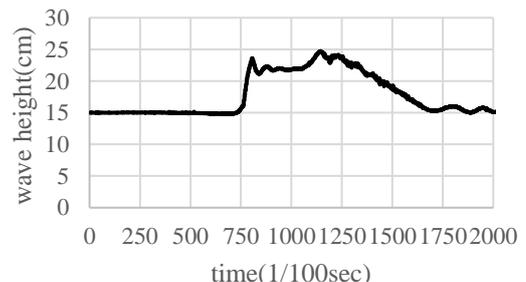


図-4 波高(パターン C)

キーワード: 津波, 津波シェルター, 模型実験

連絡先 (〒010-8502 秋田市手形学園町 1-1 TEL 018-889-2884)

測定した波力をフルード数で分類したものを図-5に示す。縦軸の波力は、条件毎に三回測定した波力について最大値を平均したものである。また、建物前面9cm位置での波高とフルード数の関係を図-6に示す。縦軸の波高は準定常時の波高を建物高さで無次元化したものである。

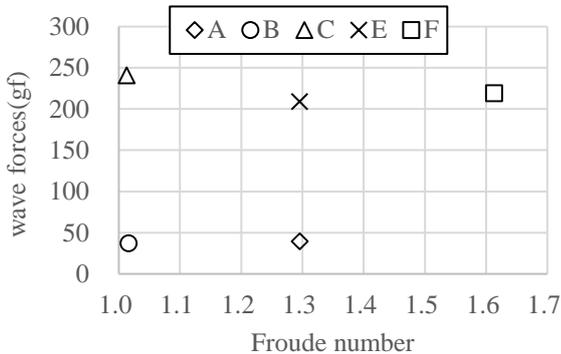


図-5 波力とフルード数

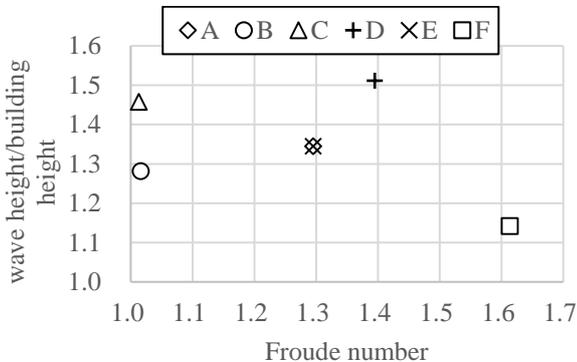


図-6 波高/建物高さでフルード数

図-5, 6をまとめると以下のようになる。パターンBとパターンCについて比較すると前面での波高が高い程、波力が大きい傾向が見られる。一方でパターンFは、前面での波高は小さいが、波力が大きい傾向が見られる。また、この条件は先端移動速度が他の条件と比べて大きかった。パターンAとEの実験条件は、設置位置のみ異なるが、波力を見ると建物後方に設置したパターンEの方が大きい傾向が見られた。

次に、ビデオ解析により得られたシェルターの軌跡を図-7, 8に示す。ただし、縦軸は鉛直方向の高さを示し、横軸は水平方向の距離を示しており、横軸は流下方向を正として軸を取っている。また、図中の網掛け部分は建物模型を示している。

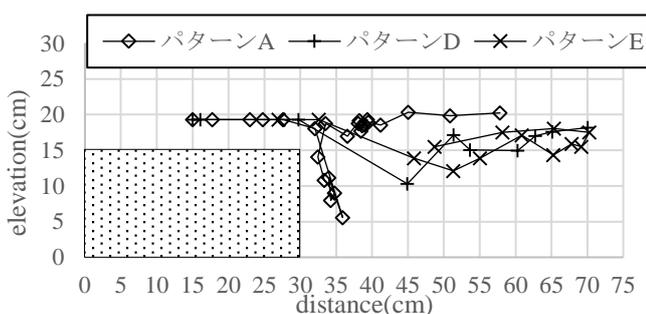


図-7 パターンA, D, Eにおける運動の軌跡

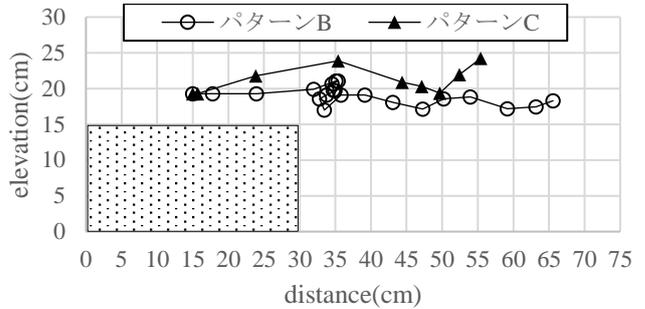


図-8 パターンB, Cにおける運動の軌跡

図-7, 8をまとめると以下のようになる。パターンAとパターンBは共に、建物背面に停滞する傾向が見られるが、静水深の小さい条件であるパターンAは水中で、静水深の大きい条件であるパターンBは水に浮かんだ状態で停滞する傾向が見られる。また、パターンAは水中から水面に浮かんで来た後も、一度浮いた状態で停滞した後に流されている。パターンBとパターンCは共に、水に浮いて流される運動特性だが、パターンBは一度、建物背面付近で停滞する傾向が見られる。また、パターンCは段波作用後、建物から落下する前に建物上において、水に浮く傾向が見られる。これは、他のパターンでは見られないパターンCのみに見られる傾向であった。パターンDとパターンEは、パターンEの建物背面に戻ってくる運動を除くと同じような軌跡を描いている。

4. おわりに

本研究では、運動特性毎の波力の測定を行い、フルード数による分類を行った。得られた波力や運動の軌跡から以下の事が考えられる。

- (1)パターンAとパターンBは建物背面で停滞する傾向がある。しかし、静水深の違いによって、水中で停滞するか、水面で停滞するかの違いが現れていると考えられる。
- (2)パターンBとパターンCは、水に浮いて流されるという共通点を持っているが、作用する波力には大きな差がある。また、シェルターの軌跡にも大きな差があった。
- (3)パターンFは波力が大きい傾向が見られるものの、前面での波高が小さいために、建物上に残ると考えられる。

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。

参考文献

- 1) 内閣府：東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会(第12回)
<<http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chousakai/tohokukyokun/12/index.html>> (2017-11-28 アクセス)
- 2) 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
- 3) 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)
- 4) 藤井龍也・渡辺一也：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～，東北地域災害科学研究，第53巻，2016