### 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することが予測されるようにな った.今後も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ている中で、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.

そこで、本研究では、建物上にあるシェルターの使用を含めたハイブリットな避難に注目した.既往の研究では、縮尺 1/20 での水理実験を行い、波高や流速等の物理量を計測した結果、シェルターの挙動は大きく3 パターンに分けられることがわかっている<sup>1)</sup>.本研究ではそれらを受けてフルード数によるデータの整理とシェルターにかかる波力の計測をし、シェルターを使った避難に対する評価を行った.

## 2. 模型実験

実験環境と実験条件,使用したシェルター模型は既 往の実験<sup>1)2)</sup>と同じ条件で行った.

建物模型は,高さ15cm,幅14cm,奥行30cmとした. 測定項目は建物模型の前面から20cmと9cm,背面から 30cmの3位置における超音波式変位計による氾濫水深 と,模型の前面横3cmと背面30cmにおいてプロペラ流 速計による氾濫流速である.それに加え各パターンが 現れる条件下での模擬段波からシェルターが受ける鉛 直力,水平力を四分力計により計測した.各パターン が現れる条件は以下の表-1に示す.

パターン	1		2	3	
模型	小	大	大	小	小
設置位置	前	前	後	中	後
貯水深	40	40	40	35	35
(cm)					

表-1 各パターンの出現条件

### 実験データ解析

解析に使用するデータは前述により得られた結果を 用いた.

今回の実験データ解析の一例として、建物背面から 30cmの位置において計測された波高とフルード数を対応させた  $H/H_0$ -Fr グラフの例を図-1に示す(縦軸は波高 H を建物の前面高さ  $H_0$ =15cm で無次元化してある).

また,図-2には建物前面横 3cm の位置で測定された流速とフルード数の対応を示す.

グラフは模型の挙動パターン毎に示されており,図 -4,5とも◇,□,△と実線,点線,長破線がそれぞ れパターン1,2,3とそれらの近似線となっている.

図-3, 4, 5 はそれぞれ出現条件がシェルター模型・ 設置位置・貯水深の順に大・前・40, 大・後・40, 小・ 中・35 で測定された水平力を経時変化で表したもので ある.

キーワード:浮体式津波避難シェルター,津波避難,挙動解析,波力,流速,フルード数 連絡先(〒010-8502 秋田市手形学園町1-1 TEL 018-889-2884)

	0.5	Determ1 A Determ2 D Determ2 A				
$H/H_0$	0.45	Patern1 $\diamond$ — Patern2 $\Box$ Patern3 $\Delta$				
	04					
	0.1					
	0.55					
	0.3					
	0.25					
	0.2					
		1 1.1 1.2 1.3 1.4 Fr				
	16	図ーI H/H <sub>0</sub> -Fr クラブ例				
1.0 1.5 1.4 (s) 1.3 1.2 1.1 1.1	1.0					
	1.5					
	1.4					
	1.3					
	1.2					
	1.1					
	1					
		1 1.1 1.2 1.3 1.4 Fr				
<b>図-2</b> v-Fr グラフ例						
200 160 (j) (j) (j) (j) (j) (j) (j) (j) (j) (j)	200					
	160					
	120					
	120					
	80					
	40					
	0	f				
	0	1 201 401 601 801 1001 1201 1401 1601				
t (1/100s) 図 <b>_2</b> パターン 1 の担合のセゼキがが						
	200					
	160					
Fw(gf)	100					
	120					
	80	Ib				
	40					
	-10					
		<b> </b>				
	0					
	0	1 201 401 601 801 1001 1201 1401 1601 t (1/100s)				

秋田大学 学生会員 〇遠野 雄樹

渡辺 一也

正会員

秋田大学



### 4. 考察

本研究では、データ解析の結果と計測した波力を用いて、3パターンそれぞれの挙動解析を行った.以下に 各パターンの写真<sup>1)</sup>の一例とその考察を示す.

# (1)パターン1:波とともに移動する場合

まず図-6の写真解析から、シェルターは波にさらわれ波とともに滑らかに移動することが分かる.回転や落下、浮沈等の挙動の乱れがあまり大きくないのがこのパターンの特徴である.

一方,図-1,2からパターン1は他のパターンに比べ貯水深(=波高)が大きく,氾濫流速も大きい場合にみられる挙動であることがわかる.フルード数との関係をみてみると,どちらのグラフも波高,流速それぞれがフルード数の変化に対応して線形的に変化しており,他のパターンよりもややフルード数が小さい時にも表れていることがわかる.また図-3,4,5からは,波力の値が他のパターンよりも非常に大きい傾向がみられた.これはパターン1が表れる時の設置位置は建物中~前面側が多く,貯水深が大きい時にあらわれることが多いために津波の勢いをほぼそのまま受けているためだと考えられる.



図-6 シェルターの挙動(1)

## (2)パターン2:回転後, 落下する場合

図-7の写真解析からシェルターは波の衝撃によって回転し,建物上から落下後波に流されていくことがわかる.シェルターは回転しながら落下していく為に,落下後の挙動の乱れがほかに比べ大きいものが多い.

一方,図-1,2をみると,他の2パターンに比べて プロットのバラつきが多いが,比較的貯水深と氾濫流 速ともに小さいときに表れやすい.フルード数との関 係をみてみても対応関係がわかりづらいが,フルード 数だけを見るとパターン3と同じような領域にプロッ トが表れており,やや大きい値のプロットが多い.ま た,図-3,4,5を見ると波形はパターン1と同様の表 れ方をしているが波力の値はそこまで大きくなく,む しろパターン3に近い小さい値になっていることがわ かる.

しかし,回転や浮沈等の挙動の乱れが大きいためシ ェルターは不安定になり易いと言える.



図-7 シェルターの挙動(2)

### (3) パターン3: 落下後, 滞留する場合

図-8の写真解析から,波により建物上を移動,落下後,建物後背面でしばらく滞留するパターンであることがわかる.建物上のシェルター模型の移動速度は小さく,移動は回転するものが多いが,滑動するものもある.

一方,図-1,2からパターン1とは対照的に貯水深 が小さく,氾濫流速も小さい場合にみられる挙動であ ることがわかる.フルード数との関係をみてみると, パターン1と同様にグラフが線形的に変化しているこ とがわかる.また図-3,4,5を見ると全体的に小さい 値を示していることから津波によってシェルターが破 壊されることはほぼないが,上手く波に乗れず建物背 面で停滞するのではないかと考えられる.



図-8 シェルターの挙動(3)

### 5. まとめ

本研究では、シェルターの挙動と波力、流速について検討した.写真解析と挙動解析からはパターン1が 安定的であり、パターン2、3は不安定であった.

しかし、津波によるシェルターの直接的な破壊という観点で考えると、波力を見てもわかるとおり、パタ ーン1は非常に大きな値を示している.反対に、パタ ーン2、3は比較的小さい値を示している.これらのこ とから今後最適な設置位置の検討が重要であると考え 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に協力を得た.ここに記し,謝意を表する.

#### 参考文献

- 金子祐一,渡辺一也:津波避難ビル上に設置した浮体式シ 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, 2015. (CD-ROM)
- 2) 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)