

## 浸水状況を考慮した浮体式シェルターを用いた津波特性の検討

秋田大学 学生会員 ○蒔苗 純  
 秋田大学 正会員 齋藤憲寿  
 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よる津波被害を受け、国土交通省国土技術政策総合研究所では防波堤や津波避難ビル等の構造上の指針を定めている<sup>1)</sup>。しかし、それらはあくまでも国や自治体による指針であり、背後地の対策はなされていないため、今後予想される最大クラスの津波に対しては個人レベルでの対策が必要である。

そこで本研究では、浮体式シェルターに着目し、より生存率の向上を図るために個人住宅の屋上に浮体式シェルターを設置した場合を想定して津波の波力を計測する水理実験を行った。

### 2. 実験概要及び実験条件

実験は縮尺 1/20 で作成したシェルター模型と建物模型を使用して行った<sup>2)</sup>。シェルター模型は直径 8.6 cm、質量 78.0 g で、建物模型は奥行 30 cm、高さ 15 cm、幅 14 cm で津波作用時に移動しないように固定してある。水路は高さ 0.50 m、全長 11.0 m のうちゲート内の貯水長が 5.0 m、ゲート後方に斜面勾配 1/26 の斜面があり、その先に建物模型を設置した。シェルター模型は建物模型との摩擦による影響を取り除くため、建物模型上部から 5mm 浮いた状態で固定した。本研究ではより計測範囲の種類が豊富なロードセルを用いて波力の計測を行った<sup>3)</sup>。ロードセルはシェルター模型上部に取り付けることによりシェルター模型に津波が作用した際にロードセルのひずみを電圧として計測し、荷重へ換算することで津波の水平方向の波力を求めている。実験は表-1の条件を3回ずつ行った。

表-1 実験条件

	浸水深 (cm)	貯水深 (cm)
No.1	7.5	30
No.2	7.5	35
No.3	7.5	40
No.4	15	30
No.5	15	35
No.6	15	40

なお、浸水深は止水版を水路下端に設置することで表現している。今回はシェルター模型を建物模型上の中央に設置している。波高計は建物模型前から 9cm 離れた位置に設置しており、津波の様子を観察するため衝突直後の画像を撮影している<sup>4)</sup>。

### 3. 実験結果

#### (1) 浸水深 $h_s=7.5$ cm の検討

浸水深  $h_s$  を 7.5 cm とし、貯水深  $h_u$  を 30cm(No.1)、35cm(No.2)、40cm(No.3)に変え、シェルター模型に衝突した津波について検討した。

建物模型の前面で計測した波高の経時変化を図-1

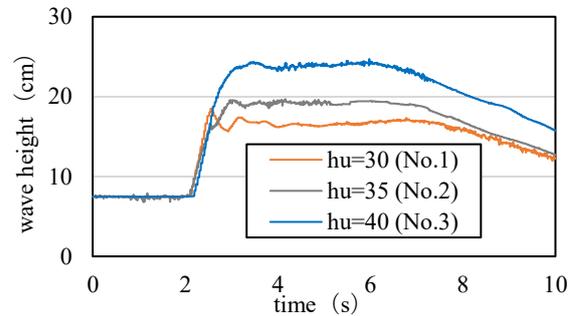


図-1 波高 ( $h_s=7.5$  cm)

に示す。津波と同時に波高が増加し、約 5 秒間安定した水位を保ち、その後滑らかに波高が下がっている。最大波高は貯水深 30cm の時に 16.1cm、貯水深 35cm の時は 19.0cm、貯水深 40cm の時は 24.3cm 計測され、貯水深の深さに応じて波高も増加している。

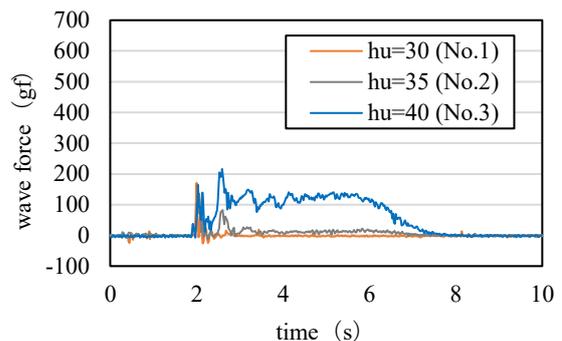


図-2 波力 ( $h_s=7.5$  cm)

建物模型上のシェルター模型に作用した水平波力の経時変化を図-2に示す。貯水深が 30cm と 35cm の実験において波力が一瞬大きく計測され、その後は微小な波力を計測している。一方、貯水深を 40cm にして実験すると波力は 4 秒間ほど大きく計測し続けており、最大波力は衝突直後ではなく衝突後約 1 秒後であった。本実験ではシェルター模型を固定することにより継続的に波力を計測しているが、実際のシェルターは津波の衝突後に浮いた状態で流されるため、実験条件と実現象では異なる。そこで津波が衝突した直後の最大波力に着目すると、貯水深 30cm は 176.5gf、貯水深 35cm は 138.8gf、貯水深 40cm は 222.9gf であり、図-1 の最大波高と異なる傾向を示した。

ここで、最大波力が低く計測された貯水深 35cm の津波がシェルター模型に衝突した直後の画像を図-3に示す。建物模型の高さが 15cm に対して浸水深が 7.5cm であるため、津波は一度壁面に衝突した後、建物上を放物線を描くように進行する。この時、津波はシェルター模型を飛び越えるように進行していたため波力が低くなったと考えられる。なお、貯水深 30cm の津波と 40cm

キーワード：津波、浮体式シェルター、模型実験、波力

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

の津波の画像も確認すると、津波はシェルター模型に直撃していたため、波力はシェルターに作用する津波の角度の影響を大きく受けることが明らかになった。

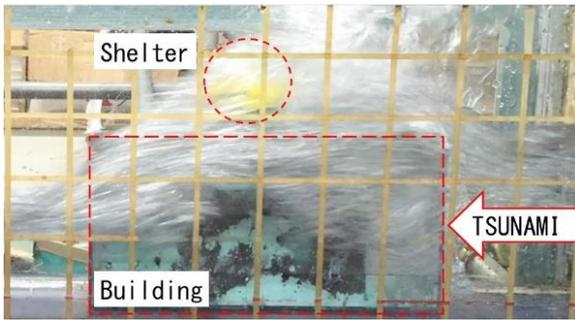


図-3 津波衝突直後（No.2）

(2) 浸水深  $h_s=15\text{cm}$  の検討

浸水深  $h_s$  を  $15\text{cm}$  とし、貯水深  $h_u$  を  $30\text{cm}$ (No.4),  $35\text{cm}$ (No.5),  $40\text{cm}$ (No.6) に変え、シェルター模型に衝突した津波について検討した。

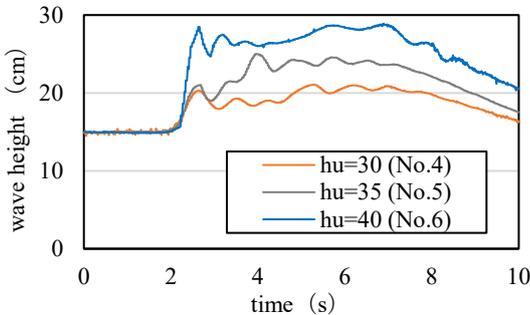


図-4 波高 ( $h_s=15\text{cm}$ )

建物模型の前面で計測した波高の経時変化を図-4に示す。最大波高は貯水深  $30\text{cm}$  の時に  $20.1\text{cm}$ 、貯水深  $35\text{cm}$  の時は  $25.5\text{cm}$ 、貯水深  $40\text{cm}$  の時に  $28.5\text{cm}$  と図-1と同様の傾向を示している。しかし、図-1に比べて波形が不規則であり、貯水深  $35\text{cm}$  では最大波力が計測されたのは津波が衝突した直後ではなく、衝突から約 2 秒後であった。津波衝突後に波高が増加する原因としては建物模型により水路幅が小さくなることが考えられる。

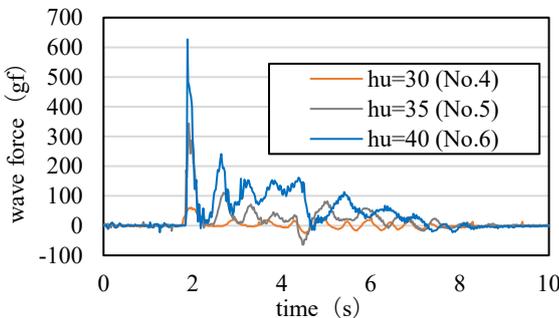


図-5 波力 ( $h_s=15\text{cm}$ )

建物模型上のシェルター模型に作用した水平波力の経時変化を図-5に示す。最大波力は貯水深  $30\text{cm}$  の時に  $48.7\text{gf}$ 、貯水深  $35\text{cm}$  の時は  $291.3\text{gf}$ 、貯水深  $40\text{cm}$  の時は  $470.1\text{gf}$  と貯水深の深さに応じて大きくなっている。浸水深  $7.5\text{cm}$  と同様に貯水深  $40\text{cm}$  の波形では衝突後約

2 秒間大きく波力を計測し続けていた。また、貯水深  $30\text{cm}$  の時だけ浸水深  $7.5\text{cm}$  の場合よりも波力が小さい結果となっており、これは浸水深に対して貯水深が小さいため、津波が建物模型周辺の水の影響を受けて減衰していると考えられる。

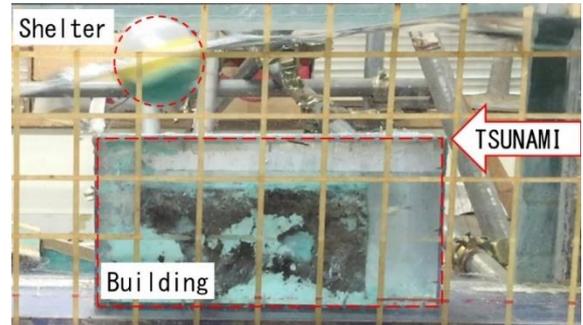


図-6 津波衝突直後（No.5）

貯水深  $35\text{cm}$  の津波がシェルター模型に衝突した直後の画像を図-6に示す。浸水深  $15\text{cm}$  は建物模型の高さと等しいため、津波が建物模型の壁面に衝突することなく段波のままシェルターに衝突した。そのため、衝突した直後の画像では浸水深  $7.5\text{cm}$  の津波の勢いが大きく見えるが、実際には建物模型の壁面との衝突による減衰がない浸水深  $15\text{cm}$  の津波がより強くシェルター模型に作用していたと考えられる。また、貯水深  $30\text{cm}$  の津波と  $40\text{cm}$  の津波の画像も確認すると、図-4と同様に貯水深に応じて波高が上昇していた。

4. おわりに

本研究により以下のことが判明した。

- 1) 浸水深  $7.5\text{cm}$  の津波は建物模型壁面に衝突後、放物線を描くように進行し、浸水深  $15\text{cm}$  の津波は津波が段波のまま作用するため波力が大きくなった。
- 2) 浸水深  $7.5\text{cm}$  の津波において、壁面衝突後に津波が進行する角度は貯水深によって変化し、シェルター模型と津波の衝突する角度により波力が変化した。
- 3) 浸水深に対して貯水深が低い場合、津波は建物模型周辺の水の影響を受けて減衰した。

今後はさらに浸水深の条件を増やし、シェルター模型を固定しないで波力を計測していく予定である。

謝辞

本研究を行うにあたり、秋田大学水環境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) 国総研：津波越流に対する海岸堤防の粘り強い構造の要点 (<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1035pdf/ks1035.pdf>) (2020-1-15 アクセス)
- 2) 國井優太・渡辺一也：津波シェルターに作用する波力と運動特性に関する検討，東北地域災害科学研究，第 54 巻，pp.31\_36, 2017.
- 3) 蒔苗純・斎藤憲寿・渡辺一也：ロードセルを用いた浮体式津波避難シェルターの波力に関する検討，東北地域災害科学研究，2020.
- 4) 藤井龍也・渡辺一也：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，土木学会論文集 B3 (海洋開発)，73 巻，2 号，pp. I\_210-I\_215, 2017.