

圧力センサを用いた漂流物に作用する波力に関する検討

秋田大学 学生会員 ○石塚大智
 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り、従来の想定をはるかに超える規模の津波が来襲し、建築物や自動車、船舶などが流され、大量の漂流物によって壊滅的な被害を受けた。津波発生時において、浮体式津波避難シェルターを用いた避難方法¹⁾が提案されており、既往の研究²⁾では建物上に設置したシェルター模型の挙動や波力について検討が行われている。しかし、波力の測定はシェルター模型を固定した状態で行っていたため、実際の津波に対する挙動とは異なっていると考えられる。

そこで本研究は、漂流物模型に圧力センサを取り付けて津波の衝突実験を行い、漂流状態における波力を検討した。

2. 実験概要

津波の衝突実験は第一波目および第二波目を対象として行った³⁾。漂流物模型は津波避難シェルター「safe+」⁴⁾を参考に、一般的な漂流物を表すものとして3Dプリンターで作成した直方体の浮体を採用した。模型は幅29.0 cm、高さ15.0 cm、長さ15.0 cm、質量1,000 gであり、模型内部には錘が1,051 g入っている。また、模型の喫水は模型底面から5 cmであり、圧力センサは模型底面から2.5 cmの高さに設置した。水路は幅0.30 m、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、その先に模型を設置した。実験は表-1の条件を3回ずつ行った。

なお、浸水深は止水板を水路下端に設置することで表現している。また、波高の測定は超音波式水位計を用い、模型前面から8 cm離れた位置に設置しており、津波および模型の挙動を観察するため、水路側面から撮影をした。

3. 実験結果

(1) 固定状態および漂流状態で測定した波力の比較

浸水深 $h_s=0$ cm、貯水深 $h=30$ cm で波圧を測定した時の固定状態および漂流状態の波圧の経時変化を図-1に示す。なお、固定状態とは圧力センサを実験水槽内に取り付けており、漂流状態とは漂流物模型を用いて波圧を測定したものである。固定状態では津波衝突直後に最大波圧を測定した後、緩やかに小さくなるが、漂流状態では津波衝突直後に最大波圧を測定し、その後急激に波圧が小さくなった。また、最大波圧を比較すると、固定状態は漂流状態の約1.6倍であり、 $h_s=7.5$ cm および 15 cm においては約3倍であった。さらに、津波衝突後の固定および漂流状態の波圧を見ると、固定状態が漂流状態よりも約1,000~1,500 Pa大きくなった。これは、固定状態の場合、測定位置が変わることなく津波

表-1 実験条件

	浸水深 h_s (cm)	貯水深 h (cm)
第一波目想定	0	20, 25, 30
第二波目以降想定	7.5, 15	30, 35, 40

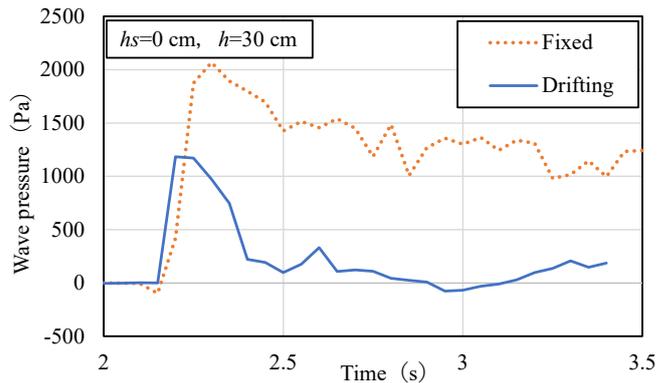


図-1 波圧の経時変化
(固定状態および漂流状態)

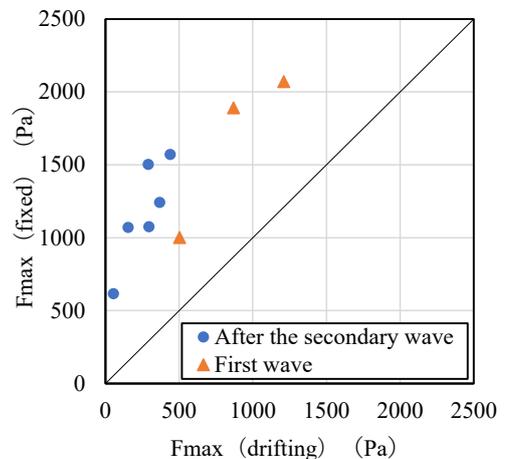


図-2 波圧の最大値比較
(固定状態および漂流状態)

を受け続けることや、水位上昇によるものが要因と考えられる。

次に、固定状態および漂流状態で測定した波圧の最大値比較を図-2に示す。全ての実験条件において、固定状態で測定した波圧は漂流状態よりも大きくなった。これは、漂流状態では津波衝突時に模型が後方へ押し出されることにより、測定される波圧が小さくなったためと考えられる。したがって、固定状態は漂流状態に比べ波圧を過大に評価していたと考えられる。

キーワード：津波、漂流物、圧力センサ、波力

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

(2) 漂流状態における貯水深および浸水深の影響

浸水深 $h_s=0$ cm において、貯水深 $h=20$ cm, 25 cm および 30 cm に設定し、貯水深の影響について検討した。漂流物模型に作用する波圧の経時変化を図-3 に示す。 $h=20$ cm は模型が壁面と接触することにより、ピークが複数測定されたが、 $h=25$ cm および 30 cm は模型が壁面と接触することなく、津波衝突直後がピーク値として測定された。また、貯水深が大きくなるほどピーク値は増加しており、これは $h_s=7.5$ cm および 15 cm においても同様の傾向であった。

次に、貯水深 $h=30$ cm において、浸水深 $h_s=0$ cm, 7.5 cm および 15 cm に設定し、浸水深の影響について検討した。模型に作用する波圧の経時変化を図-4, $h_s=0$ cm および 7.5 cm のときの模型の挙動を図-5 に示す。

第一波目である $h_s=0$ cm は津波衝突後、ピーク値を測定し、その後急激に波圧が小さくなった。また、模型の挙動を見ると津波衝突後はほぼ垂直のまま後方へ移動していた。一方、第二波目以降である $h_s=7.5$ cm, 15 cm では波圧のピークがプラス側とマイナス側で交互に測定された。ここで波圧がマイナスを示す理由として、模型が後方へ移動する際に前後へ傾き、圧力センサの位置が波高よりも高くなったことが要因と考えられる。

そして、各実験条件における浸水深と貯水深の差に対する津波衝突直後の波力のピーク値の関係を図-6 に示す。波力は、津波衝突直後の波圧のピーク値と投影面積から波力 (N) に換算した。第一波目、第二波目以降ともに浸水深と貯水深の差が大きくなる程、波力のピーク値も大きくなるが、近似直線の傾きはそれぞれ異なっていた。これは第二波目以降の場合、浸水により津波の勢いが減衰し、模型に衝突する力が小さくなったことが要因と考えられる。

4. おわりに

本研究では、漂流物模型に圧力センサを取り付けて、津波の衝突実験を行い、以下の知見を得た。

- 1) 固定状態で波圧を測定した場合、漂流状態よりも過大に波圧を評価していた。
- 2) 津波衝突後の漂流物模型の挙動は、第一波目と第二波目以降でそれぞれ異なっていた。
- 3) 第一波目、第二波目以降ともに浸水深と貯水深の差が大きくなる程、波力のピーク値は大きくなるが、近似直線の傾きはそれぞれ異なっていた。

今後は漂流物模型にかかる波力をより正確に測定するため、模型の加速度を求めるジャイロセンサーなどを使用し、検討していく予定である。

参考文献

- 1) 重松孝昌, 明知顕三, 小池敏也: 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, No. 24, pp. 105_110, 2008.
- 2) 蒔苗純, 齋藤憲寿, 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, No. 56, pp. 101_106, 2020.
- 3) 石塚大智, 齋藤憲寿, 渡辺一也: 圧力センサを用いた漂流物に作用する波力の測定, 東北地域災害科学研究, No. 57, 2021.
- 4) タジマの浮揚式津波洪水対策用シェルターSAFE+ (セーフプラス) (https://www.tajima-motor.com/) (2019-12-12 アクセス)

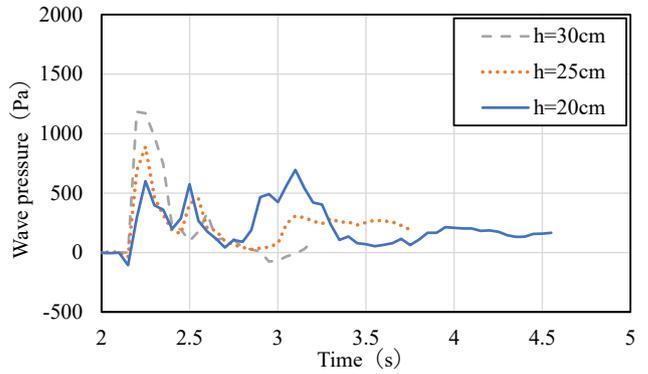


図-3 波圧の経時変化 ($h_s=0$ cm)

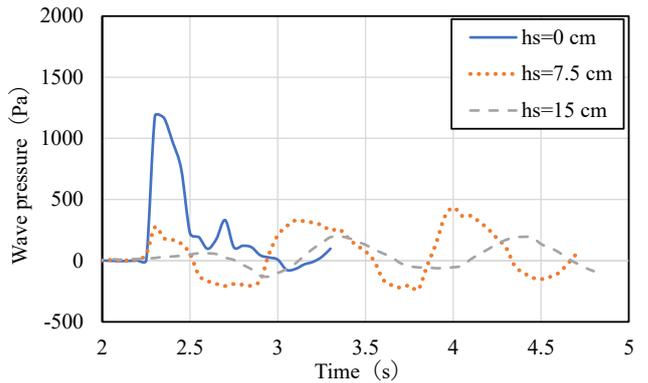


図-4 波圧の経時変化 ($h=30$ cm)

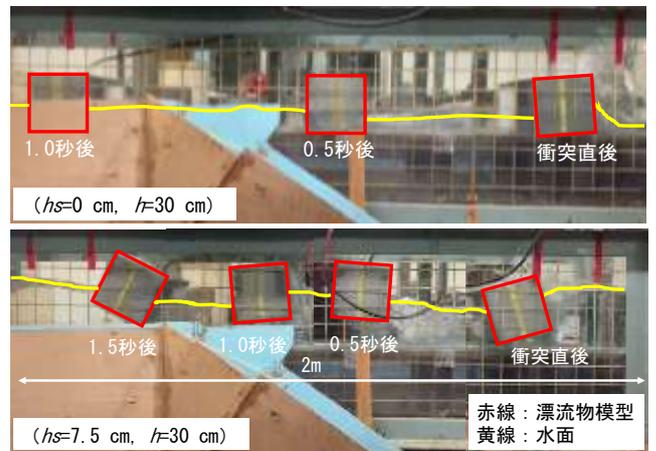


図-5 漂流物模型の挙動の変化

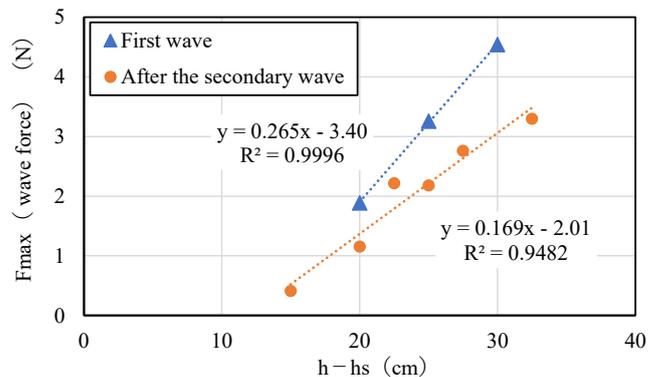


図-6 浸水深と貯水深の差と波力の関係