

加速度センサを用いた漂流物の波力に関する検討

秋田大学 学生会員 ○望月良純  
 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年の東日本により発生した津波は、従来の予測をはるかに超えており、東日本に壊滅的な被害を与えた。また、今後発生する可能性が高い南海トラフ巨大地震では高所避難をする時間を十分に取れない地域がある<sup>1)</sup>。従って、高所へ避難する時間が十分に確保できない津波についての対策が必要であり、近年対策の一部として浮体式津波避難シェルターが注目されている。シェルターの津波衝突時の挙動や外力を計測し安全性を高めることは重要である。

既往研究として、蒔苗ら<sup>2)</sup>は水路に固定したモデルを使用し、石塚ら<sup>3)</sup>は漂流物モデルを使用して波力を測定したところ、過大評価や漂流物の傾きの影響を受けることが明らかとなった。そこで本研究は、加速度センサを用いて漂流物モデルの角度を測定し、波圧を補正することで波力の算出を試みた。

2. 実験概要

漂流物モデルは、既往研究と同様である3Dプリンターで作成した直方体の浮体を使用した。モデルは幅29.0cm、高さ15.0cm、長さ15.0cm、質量1,000gであり、モデル内部には錘が1,051g入っている。また、モデルの喫水は模型底面から5cmである。幅0.30m、高さ0.50m、全長11.0mのうち、海側の貯水槽が5.0m、陸側に斜面勾配1/26の斜面がある鋼製矩形水路を使用した。水位の計測は超音波式水位計を用い、圧力センサの先端から0.05m前方に設置した。本研究では、津波の第二波目以降を対象として、浸水深 $hs=0.15$ m、貯水深 $h=0.3$ mとし、ゲートを急開することにより模擬段波を3回発生させた。その後、傾斜による波圧の補正を行うため角度と圧力、喫水と圧力の関係の考察を行った。実験水路の概略と測定機器の配置を図-1に示す。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。

圧力センサ（Measurement Specialties 製、MS5837-02BA）を漂流物の底面から2.5cmの高さに設置し、加速度センサ（Inven Sense 製、MPU-6050）を漂流物の内部に設置した。また、水位の計測間隔は0.01s、波圧および角度は0.05sとした。

3. 実験結果

水位、漂流物の波圧および角度の経時変化を図-2に示す。水位は津波衝突直後上昇した後、緩やかに上下しながら一定となっている。衝突から約1.3s後の水位の上昇は、ゲート急開時に発生した2つ目の段波が原因であると考えられる。

波圧の経時変化を見ると、衝突直後はプラスとなった後、マイナスの値が測定された。その後はプラス側で

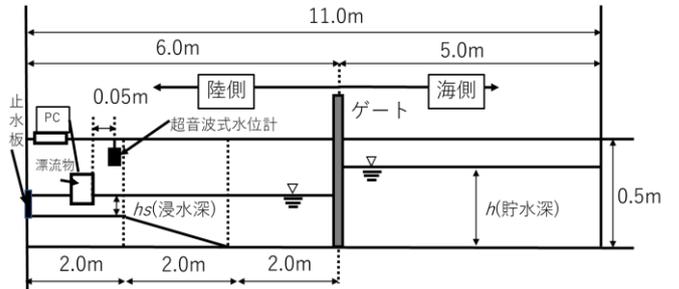


図-1 水路の概略とセンサの配置

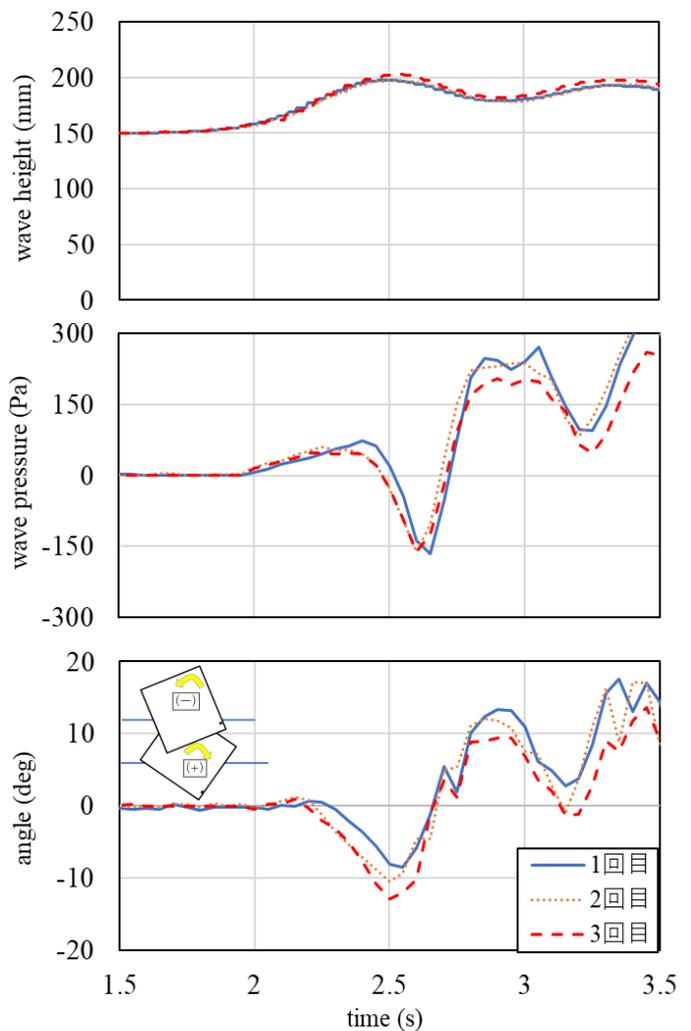


図-2 水位、波圧、角度の経時変化

値が上下していた。ここで、波圧がマイナスとなる要因として、漂流物が陸側へ傾く事によって圧力センサと水面の距離が短くなることが考えられ、これらは既往研究<sup>3)</sup>と同様の傾向であった。

角度の経時変化を見ると、漂流物は衝突後 0.6 s かけて陸側に 9°程度傾き、その後 0.4 s かけて海側に 13°程度まで傾いていた。さらに、グラフの山と谷の計測時間について波圧と角度の経時変化を比較すると、傾向は概ね一致しており、これは図-3 に示す漂流物の挙動からも確認できる。しかし、波圧と角度のピークの測定時間にずれが生じている。これは漂流物の上下運動による喫水の変化が影響しているのではないかと考えられる。

漂流物の角度と水圧の関係を図-6 に示す。角度が大きくなるほど水圧が大きくなる傾向であるが、-20°（陸側に 20°）より傾くと圧力センサが水面から露出するため、圧力が一定となった。そこで-20°以下のデータを省き、3 回分の実験のデータを用いて近似式を求めた。喫水については実験映像から喫水の増減を確認し、静水圧の式に代入することで補正の値を求めた。

上記方法で補正を行った波圧の経時変化を図-5 に示す。なお、喫水は実験動画から確認し、静水圧の式に代入することで補正値を算出している。角度の補正は衝突直後の波圧のピークを増加させ、漂流中の波圧を減少させた。喫水は津波衝突後わずかに上昇し、段波が潜り込む際に低下する。そのため、補正前後の波圧を比較すると衝突直後は減少がみられるが、ピークの測定値は増加し、マイナスの測定が行われていた波圧がプラスの測定値となった。

傾斜および喫水の波圧補正を行い、漂流物の断面積を用いて波力を算出した結果を図-6 に示す。衝突直後わずかに低下がみられるが、2.45 s でピークを迎えた後、押し流されるにつれて減少していった。

補正を行うことで最大 2.6 N 程度の波力が測定された。

#### 4. おわりに

- ・ 漂流物模型は津波衝突時に陸側へ約 10° 傾斜し、その後は約 15° 海側へ傾斜していた。
- ・ 漂流物模型の傾斜および喫水の変化を考慮せず波圧を測定した場合、衝突直後は過小、漂流中は過大に評価していた。
- ・ 傾斜および喫水の補正により、漂流物模型に作用する波力を算出することができ、最大 2.6 N 程度算出された。

#### 参考文献

- 1) 内閣府防災情報のページ，南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ，都府県別市町村別津波到達時間一欄 ([http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku/pdf/1\\_5.pdf](http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku/pdf/1_5.pdf)) (2021\_5\_31 アクセス)
- 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.

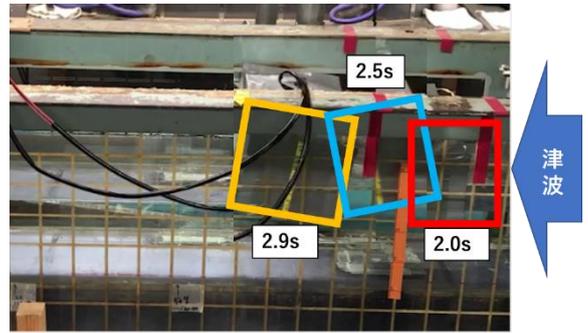


図-3 漂流物模型の挙動

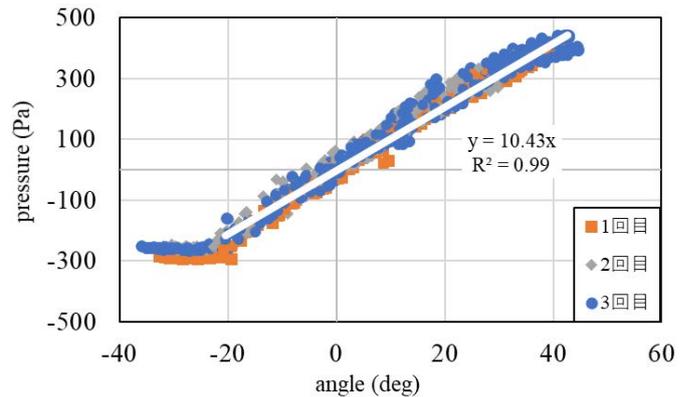


図-4 角度と圧力の関係

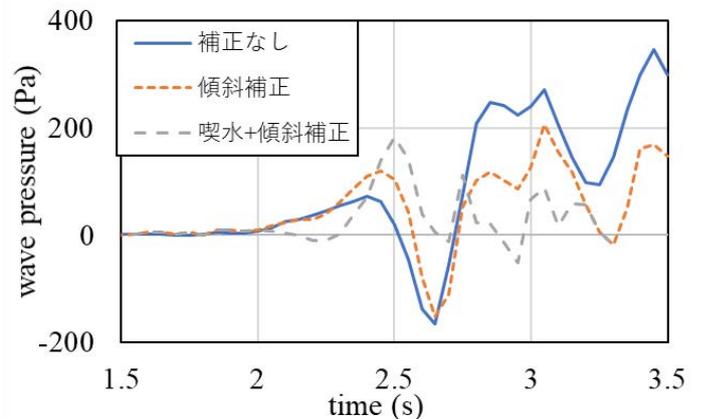


図-5 角度, 喫水補正後の波圧の経時変化

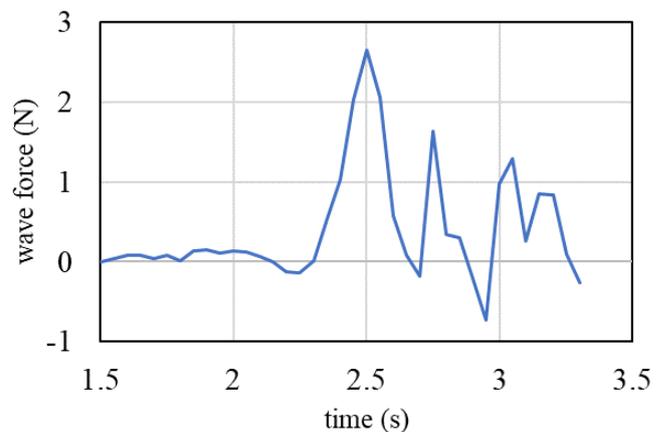


図-6 波力の経時変化