

第II部門 砕波影響下での津波漂流物の挙動解析における流体剛体連成解析手法の適用性検証

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○小林 蒼依  
 京都大学大学院工学研究科 正会員 栗山 透  
 京都大学防災研究所 正会員 米山 望

1. 序論

津波によって生じた漂流物の沿岸構造物への衝突の評価には、漂流物の移動過程を定量的に把握することが重要である。米山・民野<sup>①</sup>は米山ら<sup>②</sup>が開発した津流漂流物解析モデルを既往の水理実験に適用して解析結果を比較した。その結果、防潮堤への衝突有無が、実験における衝突頻度の高低に概ね整合したことから、同解析手法の有効性が示された。

甲斐田ら<sup>③</sup>は砕波の影響を受ける漂流物の移動過程に着目し、縮尺 1/100 の水理模型実験を実施した。この実験では漂流物の軌跡のデータを詳細に取得し、砕波の有無や初期位置、漂流物の大きさが移動特性に与える影響を明らかにしている。

以上のように、漂流物の挙動には複数の要因が関与しており、これらが移動過程に与える影響について解析的に評価することが、実際の沿岸構造物の評価への適用に有効であると考えられる。そこで本研究では甲斐田ら<sup>③</sup>の実験に即した、砕波の影響を受ける漂流物の移動過程の再現解析を行い、米山ら<sup>②</sup>の解析手法の適用性を確認した。

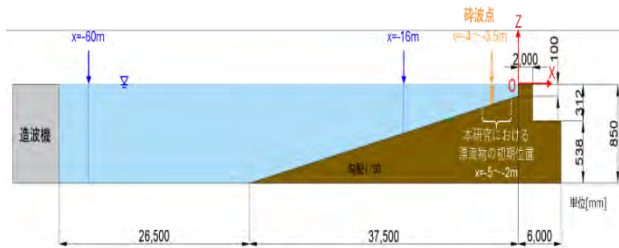


図1 水理実験に用いた海底勾配 1/50 の断面二次元水路の縦断面図

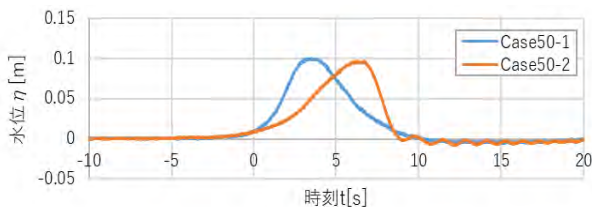


図2 実験で設定した波形の x=-60m における水位時刻歴  
 ※時刻は水位が静水位+1cm となった瞬間を 0s としている

表1 水理実験に用いた漂流物模型の諸元

名称	長さ[m]	幅[m]	高さ[m]	質量[g]
漂流物小	0.04	0.02	0.02	10
漂流物大	0.1	0.05	0.05	150

※漂流物模型はいずれも直方体

2. 水理実験の概要

本研究で再現解析を行う甲斐田ら<sup>③</sup>の水理実験について述べる。この実験では2種類の海底勾配(1/50, 1/150)を有する水路(長さ 80m, 幅 0.9m, 高さ 1.2m)を使用しており、水面上で漂流物を初期配置し孤立波を入力することで、波の伝搬に伴う漂流物の移動過程を定量的に分析している。本研究では砕波の有無が漂流物挙動に与える影響を評価するため、海底勾配 1/50 の地形を解析対象とした。

図1に実験に用いた水路の縦断面および座標系を示す。実験では、Case50-1(砕波あり)と Case50-2(砕波なし)という2つの条件下で表1に示す諸元を有する大小2種類の直方体漂流物模型を用いて、漂流物の初期位置と砕波の関係、大きさの違いが漂流挙動に与える影響を評価している。その結果、砕波発生位置付近に初期配置された漂流物は、砕波の影響により大きく加速し、一定時間波速に近い速度で汀線方向へ移動したのに対し、砕波の影響を受けない条件下では漂流物は波速には達せず、移動距離も短かった。また、砕波の影響を受けた場合は漂流物小の方が漂流物大よりも移動距離がやや長くなる傾向が見られたが、砕波の影響がない場合はその差は顕著ではなかったという結果が得られている。

3. 解析手法の妥当性検証

(1)解析領域の設定

漂流物の移動過程の再現解析にあたり、図1に示す水路のうち、x=-60mより岸側を解析領域とし、x=-60mを流入端として図2の水位時刻歴を入力した。2D-3Dハイブリッド解析手法を用いるにあたり、砕波の再現性

を考慮し、 $x=-16\text{m}$ より沖側を平面2次元解析、岸側を3次元解析に設定した。メッシュサイズは全領域で $x$ 方向 $2\text{cm}$ 、 $y$ 方向 $1\text{cm}$ 、三次元領域では $z$ 方向 $1\text{cm}$ とした。

(2)通過波の確認

漂流物の移動過程を再現する前に、Case50-1における通過波の再現性を確認した。その結果を図3に示す。碎波点付近ではわずかな乖離が見られたものの、水位変動の傾向や最大水位は実験と概ね一致し、解析の再現性は十分であると判断した。

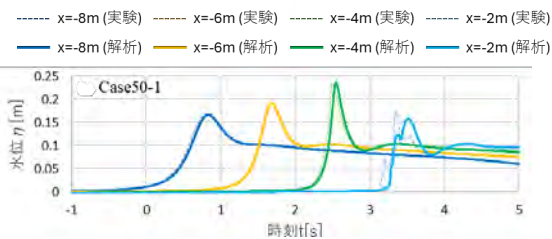


図3 各計測地点での水位時刻歴の比較

4. 漂流物の移動過程の再現解析

Case50-1の再現解析では、碎波点前後( $x=-5\text{m} \sim -2\text{m}$ )に配置した漂流物の移動過程を対象とした。図4に各初期配置位置における漂流物の汀線方向の移動軌跡を示す。解析結果(太線)は、漂流物大、漂流物小ともに実験結果(細線群)のばらつき範囲内に収まっており、実験との整合性が確認された。

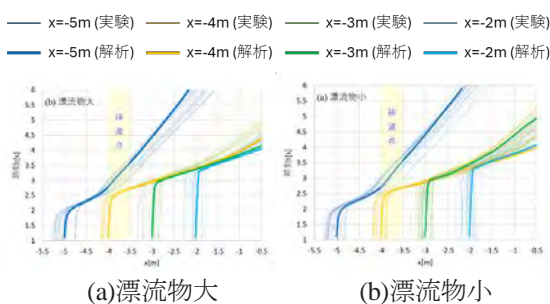


図4 Case50-1における漂流物の移動軌跡の比較

特に、「漂流物大、初期配置位置  $x=-4\text{m}$ 」の解析結果に注目したスナップショットを図5に示す。津波到達直後に急な負の勾配と表層の高速流により短時間で大きく加速する様子が確認された。さらに図6に示す通り、作用力の変化としては、津波前面の到達による圧力増加、碎波直後の粘性力増加、波後面通過時の正の水面勾配による減速が確認され、移動軌跡の変化と対応していた。

一方、「漂流物小、初期配置位置  $x=-4\text{m}$ 」は図4(a)に

示す実験結果の範囲よりやや早く移動を開始し、「漂流物小、初期配置位置  $x=-3\text{m}$ 」のような減速は見られなかった。これは碎波時に漂流物が空中に放り出された後、波に捕捉されたことで追い抜かれず、正の水面勾配による沖向き圧力を受けなかったことが一因と考えられるが、詳細は今後の検討課題とする。

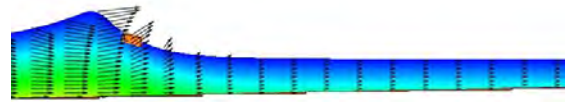


図5 Case50-1「漂流物大、初期配置位置  $x=-4\text{m}$ 」再現解析結果のスナップショット( $t=2.51\text{s}$ ) ※黒矢印は流速ベクトル

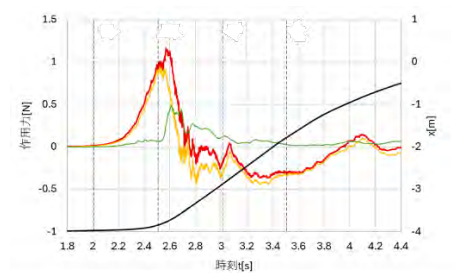


図6 Case50-1「漂流物大、初期配置位置  $x=-4\text{m}$ 」における漂流物が受ける作用力と移動軌跡の関係

5. まとめ

本研究では、三次元流体剛体連成解析手法と2D-3Dハイブリッド津波解析手法を組み合わせ、碎波の影響を受ける漂流物の移動過程に関する実験の再現解析を行い、本手法の適用性を検討した。その結果、漂流物の移動軌跡や、水面勾配、表層流の影響を受けた挙動を適切に再現できることを確認した。従来は実験が中心であったが、沿岸構造物への衝突リスク評価には、解析的手法による実スケールでの検討が有効と考えられる。今後は、実地形への適用を通じて、諸元や波形、地形の違いが漂流物の移動過程に与える影響を検討していく予定である。

参考文献

- (1) 米山・民野：防潮堤前面での津波漂流物挙動に関する流体剛体連成解析手法の適用性について, 2023
- (2) 米山ら：実地形へ適用可能な三次元漂流物挙動解析手法の開発と基礎的な検証, 2015
- (3) 甲斐田ら：碎波の影響を受ける津波漂流物の移動過程に関する研究, 2023