

J-47

## 粒子法による没水平板の海洋波集波効果に関する基礎的研究

## Fundamental Study on the Ocean Wave Focusing Effect of a Submerged Horizontal Plate using the Particle Method

○佐々木暁成<sup>1</sup>, 西川由記<sup>1</sup>, 木下龍太郎<sup>2</sup>, 惠藤浩朗<sup>3</sup>\* Akishige Sasaki<sup>1</sup>, Yuki Nishikawa<sup>1</sup>, Ryutaro Kinoshita<sup>2</sup>, Hiroaki Eto<sup>3</sup>

Abstract: A submerged horizontal plate is a thin, flat structure positioned just beneath the surface of the water in a horizontal orientation. It manipulates the direction of waves by altering the speed of ocean waves as they propagate across the flat plate, causing the waves to refract. In this study, we conducted a numerical analysis employing the Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) method, a particle-based approach capable of modeling intricate and nonlinear fluid behaviors. We focused on investigating the phenomenon of ocean wave convergence caused by a submerged horizontal plate, while also considering wave breaking phenomena.

## 1. はじめに

従来より用いられた多くの波浪制御は、防波堤に代表されるとおり外洋から打ち寄せる波に対し壁状の構造物を海中に設置し、港湾内部の静穏性を保つものであった。そうした中で沿岸海域を総合的に利用することを目的として、没水平板を用いた集波効果に関する検討が行われている<sup>[1,2]</sup>。これは薄い平板を水平な状態で海面から少し沈んだ位置に配置し、その平板上を進行する海洋波の波速に変化を付けて波を屈折させることで波向きを制御するものであり、没水平板を設置したことで入射波高に対して没水平板上で波高が増幅や任意点に対する集波効果が確認されている。そしてこの集波効果は波浪エネルギーの有効利用に対しても大きく寄与するものとして期待される。しかし既存研究<sup>[1,2]</sup>において、波の非線形性が考慮されていないことや、砕波や波峰分裂、浅水変形などの流体の複雑な挙動を考慮した解析が行えていないこと、実海域を想定した波条件で集波効果を確認できていないといった課題が挙げられる。そこで本研究では非線形性を示す複雑な流体挙動も取扱える粒子法の一つであるSPH法により解析を実施し、砕波現象なども考慮した没水平板の海洋波集波効果に関して検討することを目的として研究を行った。

## 2. 計算モデルおよび計算条件

## 2.1. モデルの概要

今回の解析に使用する水槽と没水平板のモデルをそれぞれ Figure 1, Figure 2 に示す。モデルの諸元については工藤ら<sup>[1]</sup>の行った水理実験と同じものを採用しており、論文に記載されていなかった平板の設置位置については  $x=4.7\text{m}\sim 5.3\text{m}$  の位置としている。また Figure

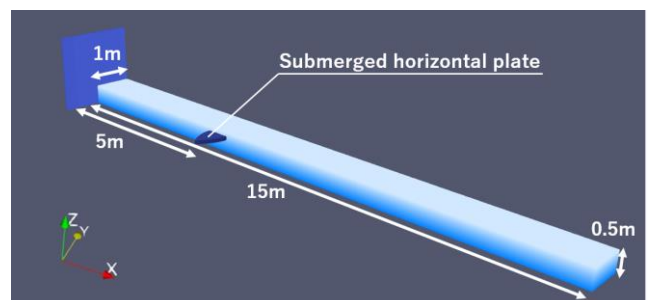


Figure 1 Water tank model with submerged horizontal plate

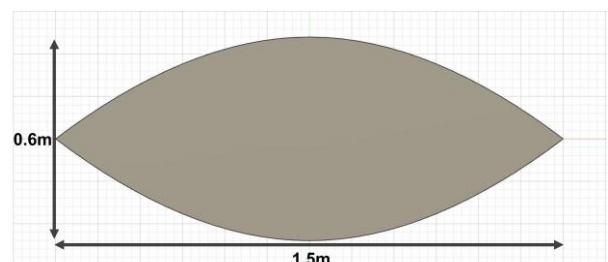


Figure 2 Top view of submerged horizontal plate

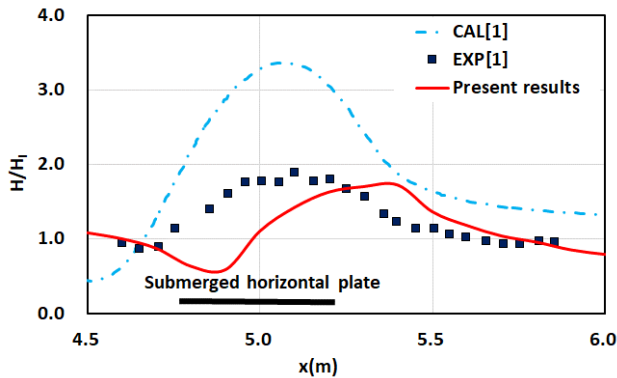
2 でも確認されるとおり没水平板は上から見てレンズ型の形状のものを使用した。既存研究では計算時間削減を目的として、平板の厚さを無視して計算されたが、本解析では平板の厚さを  $0.1\text{m}$  として解析を行った。

## 2.2. 計算条件

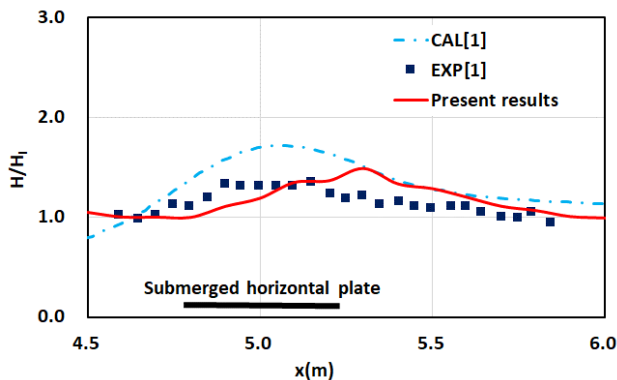
本解析で使用する計算条件を Table1 に示す。ここで粒子間距離である  $dp$  は  $0.01\text{m}$  と設定し、総粒子数が 880 万粒子の条件で、周期  $1.6\text{s}$  に対し十分に定常状態となる  $50\text{s}$  間の解析を行った。また工藤ら<sup>[1]</sup>の定式化により算出された没水平板付近の波高分布や、水理実験により得られた波高分布と、本研究で得られた数値解析結果との比較を行い、本解析で使用する解析方法の妥当性の確認も行う。

**Table 1** Calculation conditions

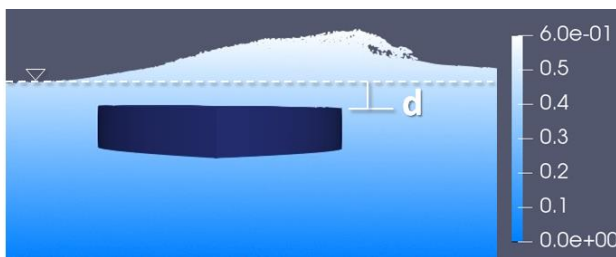
Distance between particles ( $d_p$ )	0.01[m]
Wave height	0.1[m]
Wave period	1.6[s]
Submerged water depth ( $d$ )	0.1, 0.2[m]



**Figure 3** Wave height distribution along the x axis ( $d=0.1m$ )



**Figure 4** Wave height distribution along the x axis ( $d=0.2m$ )



**Figure 5** Visualized wave height distribution after wave incidence

ここで波高の測定点については、工藤らの結果との波高分布の比較を目的としていることから、平板が設置されている付近の  $x=4.5m \sim 6.0m$  の間を  $0.1m$  刻みで計測した。

### 3. 結果および考察

Figure 3, 4 に、没水平板の水深 ( $d$ ) をそれぞれ  $0.1m$ ,  $0.2m$  と変化させた際の  $x$  軸方向の波高分布を、工藤ら

により定式化された算定結果や水理実験の結果、本計算結果を比較したグラフを示す。ここで縦軸は計算や実験で得られた波高を入射波波高  $H_1$  で除し、無次元化した波高を示し、横軸は  $x$  軸方向の距離を表す。また波は左側から入射させており、没水平板付近の波高分布を示す。これらの結果から、工藤らの定式化により算出された波高分布よりも本解析結果の方が没水平板の水深が  $0.1, 0.2m$  と変化しても、水理実験の結果に対して比較的近い値で得られたことが Figure 3, 4 より確認される。本解析結果の方が工藤らの定式化により算出された波高分布より水理実験に近い結果を示した理由として、工藤らも考察で挙げているとおり実験において波が平板上で分裂を引き起こし、数値計算ではその分裂を再現できなかったことが要因とされており、本解析では流体の解析に SPH 法を採用し、流体の非線形性を考慮した複雑な流体の挙動も解析可能となったため、水理実験と比較的近い値を示す結果が得られたものと考察される。本解析で複雑な流体の挙動を解析可能であることを示すため、Figure 5 に没水平板上に波が入射した際の波高分布を示す。図より波の分裂や碎波の現象を取り扱えていることが確認される。しかし波高の最大値の出現箇所が水理実験の結果よりも没水平板の透過側で得られていることが確認される。この要因は未だ不明確であることから、今後、十分な水深を確保した解析や、没水平板の厚さや粒子法における各種パラメータを変化させた系統計算を行い、この現象が生じた要因について検討を進める予定である。また既存研究でも考察されているとおり、波高の増幅率は、没水平板が水面に近い深さに配置された方が大きくなる傾向も確認できた。

### 4. おわりに

本研究では非線形性を示す複雑な流体挙動も取扱える粒子法の一つである SPH 法により解析を実施し、碎波現象なども考慮した没水平板の海洋波集波効果に関して検討することを目的として研究を行った。その結果、既存研究の定式化により算出された没水平板付近の波高分布に比べて、より水理実験で得られた波高分布に近い値を出力することが確認された。

### 参考文献

- [1] 工藤君明, 續辰之介, 今井貫爾, 秋山義信: 没水平板の集波効果に関する研究—凸レンズ型没水平板による波の変形解析—, 日本造船学会論文集, 第 160 号, 1986
- [2] 村重淳, 木下健, 鈴木達雄: 海洋波集波レンズの基礎的研究 (第 2 報) —水槽実験—, 日本造船学会論文集, 第 169 号, 1991