

令和元年6月18日現在

機関番号：18001

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K17553

研究課題名(和文) 流体シミュレータを用いた砕波の発生メカニズムおよび砕波と衝撃波圧の関連性の解明

研究課題名(英文) Numerical study on the causes of breaking waves and the relationship between breaking waves and impact pressure

研究代表者

入部 綱清 (IRIBE, Tsunakiyo)

琉球大学・工学部・助教

研究者番号：20608731

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、数値シミュレーションによって海岸で起こる進行波の砕波を対象に、砕波が起こる条件と、砕波と衝撃波圧の関連性を明らかにすることである。一様勾配斜面を遡上する進行波の水表面の力学的なエネルギーを分析した結果、水表面の水粒子の運動エネルギーの発散的な増加後に波は砕波に至ることが明らかになった。しかし、砕波判定直後の波の圧力と衝撃砕波圧については、その関連性を解明するまでには至らなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果である砕波条件の学術的意義は、砕波が波峰以外の位置で起こることを示唆したことである。また、社会的意義としては社会インフラの維持管理にも役立つと考えられる。例えば、砕波は空気中への塩分供給の原因であり、その塩分が構造物に付着すると構造物は劣化し始める。従って、数値シミュレーションなどで砕波点の正確な位置を算出し、現地観測から得られる風況と組み合わせることで、海岸からの飛来塩分量を高精度に予測することができる。

研究成果の概要(英文)：The purposes of this study are to clarify the causes of breaking waves and to disclose the relationship between breaking waves and impact pressure by the numerical simulation. Numerical simulations of wave run-up on the periodic wave and the solitary wave have been conducted to analyze the mechanical energy on water surface. The results show that the kinetic energy of water surface particles increases divergently which can lead to the wave breaking. However, impact pressure is difficult to elucidate only with the wave pressure just after the wave breaking.

研究分野：計算科学，海岸工学

キーワード：砕波 力学的なエネルギー 水表面

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

海洋から陸に向かって伝播してくる波は、海底地形の影響を受けて次第に形を変え、最終的には崩れる。この波が砕ける現象は砕波と呼ばれ、海岸で起こる海岸構造物の破壊など多くの物理現象に深く関わっている。写真1にリーフェッジでの砕波の様子を示す。沖からの波はリーフェッジで砕波し、流れとなって汀線まで到達する。このような場合、もし波が砕波を起こさなければ波は防波堤を越え海岸を浸水させる可能性がある。つまり、リーフェッジは砕波を起こすことで天然の防波堤の役割を担っていることになる。写真2は砕波した波が岸壁に衝突する様子である。この時、岸壁には衝撃波圧が作用している。この衝撃波圧は、通常の波の圧力の3~10倍程度の強さを持った瞬間的な圧力であり、防波堤を一瞬にして破壊する威力を持つ。これらの例は、砕波が起こる前か後かで結果に大きな違いがある。これは、砕波が起きるタイミングを正確に把握することの重要性を示唆しており、それを事前に予測するためには、砕波の起こる原因を解明することが必要となる。



写真1 リーフエッジでの砕波



写真2 衝撃波圧が作用する海岸

2. 研究の目的

本研究は、海岸で起こる進行波の砕波を対象として、数値シミュレーションによって砕波が起こる状況を分析し、新しい砕波条件を提示することを目的とする。さらに、砕波直後の波の圧力と衝撃波圧の関連性の解明も試みる。

3. 研究の方法

本研究は、水の波の砕波を対象として、砕波が起こる原因と、砕波と衝撃波圧の関連性について数値シミュレータを用いて解明することである。これを達成するために以下を実施した。

(1) 数値シミュレータの開発：

波の微小領域における力学的エネルギーを算出できるシミュレータの開発

(2) 進行波の遡上計算：

一様斜面勾配で波の遡上シミュレーションの実施

(3) 砕波と力学的エネルギーの関連性評価：

波が崩れる前後の力学的エネルギーの変化の評価

(4) 衝撃波圧と力学的エネルギーの関連性評価：

圧力の高周波成分と運動エネルギーの関連性、圧力値と運動エネルギーの関連性の評価

4. 研究成果

(1) 一様勾配水深域を遡上する波の数値シミュレーション

一様勾配水深域を遡上する波の水表面の運動エネルギーの変化を確認するため、Navier-Stokes 式を離散化した数値計算手法を用いて一様勾配水深域を遡上する波の数値計算を行う。数値計算の手法としては粒子法¹⁾を用いた。図-1に一様勾配水深域を有する水槽モデルを示す。計算対象とする波は波高0.03m、周期1秒の周期波と、波高0.03mの孤立波とし、水深は0.20m、入射側から斜面までの距離を2.00m、斜面の勾配は0.1とした。また、計算条件として時間刻み幅は0.001秒、粒子間距離は0.002mとした。

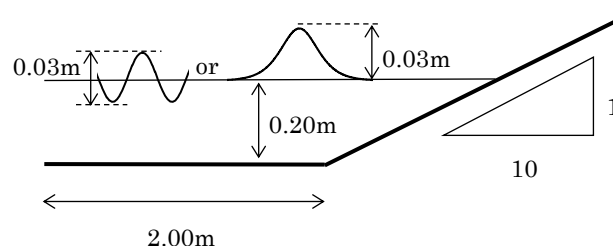


図-1 一様勾配水深域を有する水槽モデル

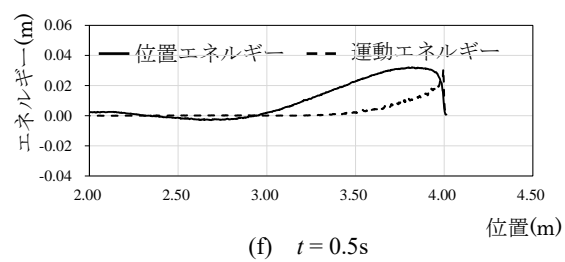
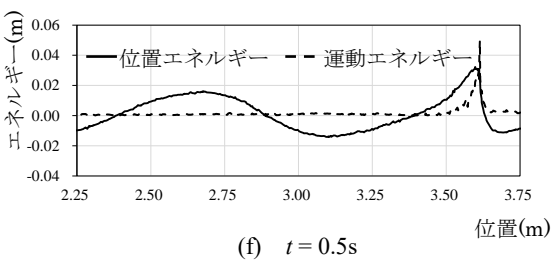
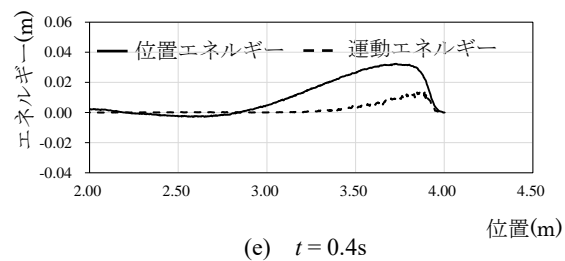
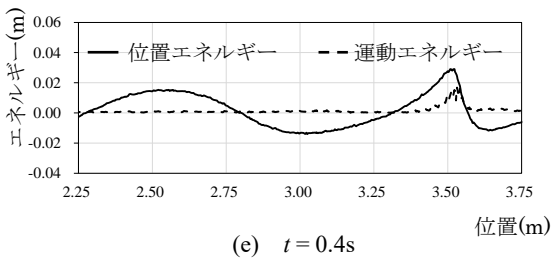
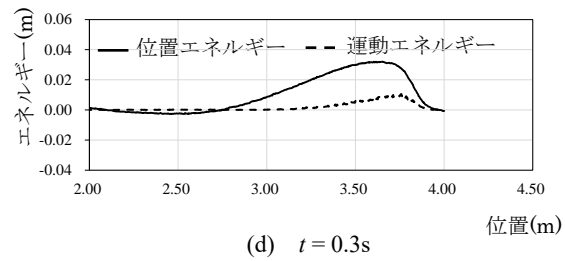
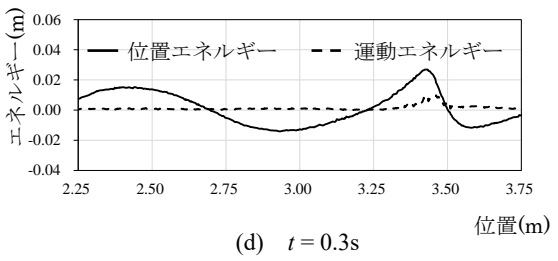
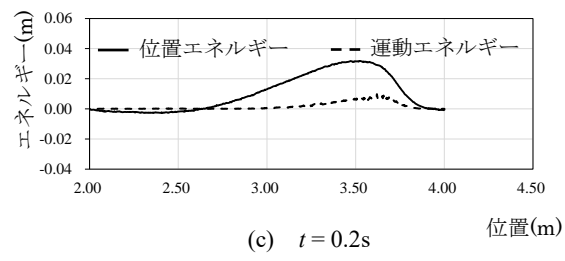
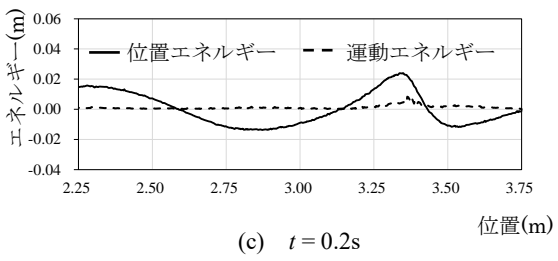
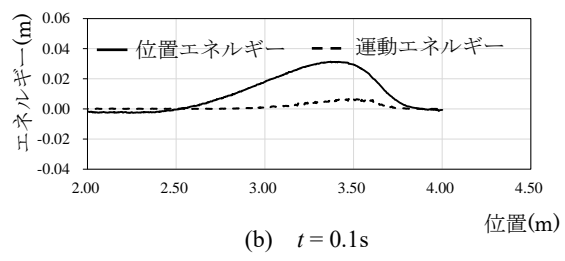
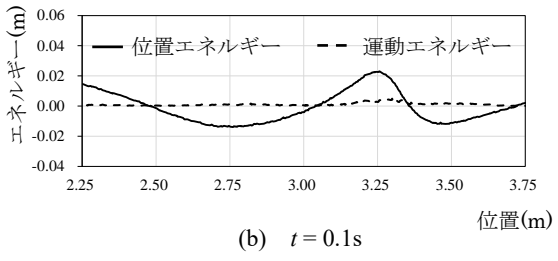
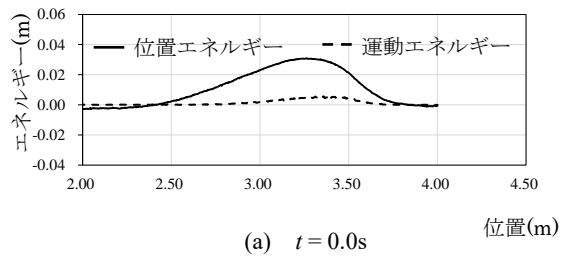
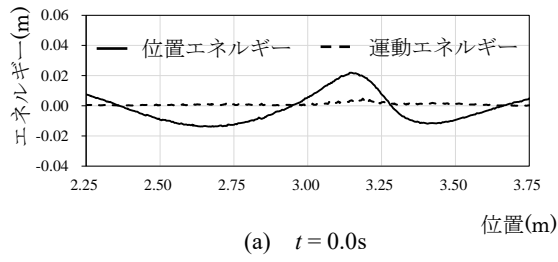


図-2 遡上する周期波の水表面の力学的なエネルギー (数値計算)

図-3 遡上する孤立波の水表面の力学的なエネルギー (数値計算)

一様勾配水深域での波の遡上の数値計算結果として、図-2 に周期波、図-3 に孤立波の場合を示す。実線は位置エネルギー、破線は運動エネルギーである。横軸に水槽モデルの左端を基準とした位置、縦軸に静水面を基準とした高さを示す。図-2 より、周期波の計算結果は波の伝播によって浅水変形による波の前傾化を示した。そして、前傾化が起こり始めた時から運動エネルギーは徐々に増加し、さらに波の峰が急峻になるにつれて急増し位置エネルギーを超えた。この時、運動エネルギーが位置エネルギーを超えた場所は、波の峰ではなく波の前面であった。また、運動エネルギーの波形は、峰でなめらかな曲線ではなく、最高値を頂点に尖角となっていた。そしてその直後、運動エネルギーの最大値は同程度の値を保ったまま、波が崩れる様子を定性的に確認した。図-3 の孤立波の場合においても、運動エネルギーの波形は浅水変形による波の前傾化から運動エネルギーが位置エネルギーを超えるまで、周期波と同様な傾向であった。このように、Navier-Stokes 式を基礎式とする数値計算において、一様勾配水深域を遡上する波の計算結果は、波高水深比の増加によって水表面の運動エネルギーが発散的に急激に増加し、位置エネルギーを超えるとという特徴的な現象を示した。ただし、その発生場所については波の峰ではなく波の前面であった。

(2) 結論

本研究では、砕波の発生条件を明らかにすることを目的とし、一様勾配水深域での進行波の遡上についての数値計算を行った。

一様勾配水深域を仮定した周期波と孤立波の数値計算において、波高水深比が増加すると水表面の水粒子の運動エネルギーが発散的に増加することを確認した。またこの時、運動エネルギーは最高値の一点が尖角となる波形になり、その直後に波が崩れるのを定性的に確認した。

このように、水表面の水粒子の運動エネルギーの発散的な増加は、一様勾配水深域では定性的に波が崩れる直前に起こることが明らかになった。このことから、水表面の水粒子の運動エネルギーの発散的な増加に起因して波は砕波に至ると考えられる。

<引用文献>

- 1) 入部綱清, 渡邊忠尚, 仲座栄三, Rahman MD. Mostafizur : 粒子法による波の遡上計算, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 68, No. 4, pp. I_1549-I_1554, 2012.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① 入部綱清 : 進行波の砕波と水表面の運動エネルギーの関連性, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 査読有, Vol. 74(1), pp. 12-20, 2018.

DOI: <https://doi.org/10.2208/kaigan.74.12>

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。