



Title	Energy Dissipation in Irregular Breaking Waves with Air Bubble Dynamics
Author(s)	Hossain, Md. Nur
Citation	大阪大学, 2024, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/98795
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

Abstract of Thesis

Name	(HOSSAIN MD NUR)
Title	Energy Dissipation in Irregular Breaking Waves with Air Bubble Dynamics (気泡の挙動に着目した不規則波碎波後のエネルギー逸散の評価)
<p>Abstract of Thesis:</p> <p>The presence of irregular breaking waves featuring the air bubbles effect is fundamental to the dynamics of shallow water waves, playing a critical role in dispersing wave energy, which is crucial for protecting coastlines and controlling erosion. As waves approach shallow waters, waves interact more intensely with the seabed, increasing turbulence and energy dissipation. Air bubble formation within breaking waves facilitates the conversion of wave energy into turbulent kinetic energy, reducing wave height and intensity. This process mitigates the impact of waves on coastal structures and shorelines. Moreover, breaking waves with air bubble effects significantly impact sediment transport, ecosystem functions, and wave-induced forces in shallow water environments. Accurate modeling of these phenomena is crucial for coastal management and resilient infrastructure design to preserve coastal ecosystems.</p> <p>This study focused on the role of air bubbles in energy dissipation within irregular waves, aiming to develop a precise model for calculating wave height and set-up during wave breaking. It employed parametric, representative, spectral, and probabilistic approaches to model irregular waves. The research explored the bubble entrainment under spilling and plunging breakers, emphasizing energy dissipation phenomena in unsteady wave dynamics.</p> <p>Chapter 1 of this study began by presenting the motivation for the research and providing a general background on the dynamics of air bubbles in breaking irregular waves. It then delved into a comprehensive literature review, identifying research gaps that lead to the problem statement, objectives, and research approach.</p> <p>Chapter 2 provided an experimental overview, detailing the procedures for data collection and data editing. It concluded with a discussion of multiple datasets collected from various sources.</p> <p>Chapter 3 elaborated on the development of an energy dissipation model for plunging and spilling breakers, integrating the influence of air bubbles using the parametric approach tailored for irregular waves. This model was developed by considering the concept of the fraction of breaking waves.</p> <p>Chapter 4 explained the adaptation of existing regular wave-breaking models with air bubble effects to irregular waves, resulting in the creation of new models using the representative approach. This method involved the direct transfer of regular wave parameters to characterize irregular wave behavior.</p> <p>Chapter 5 described the development of the energy dissipation model using the spectral approach, which integrated the concept of fraction of breaking waves with a Weibull distribution.</p> <p>Chapter 6 discussed the application of a probabilistic approach to formulating a new wave height distribution designed for plunging breaking waves owing to the air bubbles effect. Various wave height parameters were derived from this proposed distribution.</p> <p>Chapter 7 consolidated the study's findings by addressing the objectives and research questions, while also offering recommendations for future investigations in this field.</p> <p>Overall, this study focused on computing RMS and significant wave heights using developed models, numerically for irregular bathymetry and analytically for plane-sloping bathymetry. Energy balance equations determined RMS and significant wave height calculations, while the momentum balance equation-controlled wave set-up dynamics. Validation of the models and distributions involved a comprehensive series of experiments, including large-scale, small-scale, and field experiments across various scenarios. Various error analyses indicated that the proposed models, particularly one among them, demonstrated superior performance with lower error indices in comparison to established models and experimental data.</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (HOSSAIN MD NUR)		
論文審査担当者	(職)	氏 名
	主査 教授	荒木進歩
	副査 教授	入江政安
副査 准教授	中谷祐介	

論文審査の結果の要旨

本論文は、海岸に来襲する不規則波の碎波後の波高減衰を高精度に算定することを目的として、水中に取り込まれた気泡によるエネルギー逸散の効果に着目した算定手法を提案している。碎波後の波高減衰評価は、海岸侵食を含む海浜変形や海岸保全施設の設計に影響を与えるため、高精度の算定手法の開発が期待されている。本論文は、これまでもあまり着目されていなかった気泡によるエネルギー逸散の効果を碎波後の波高減衰に取り入れるとともに、統計的に算出される代表波や波高の出現頻度分布を用いることにより、不規則波の波高減衰算定手法を4種類提案し、その精度を議論している。また、汀線付近の流体運動に影響を及ぼす平均水位上昇についても算定している。本論文は第1章から第7章まで構成されている。

第1章では、不規則波の碎波についてまとめるとともに、既往研究のレビューから問題点を整理し、研究の目的を示している。

第2章では、提案する算定手法の検証に用いる水理実験の概要、ならびにデータ測定および整理手法をまとめている。また、他の研究者による実験データおよび現地観測データも算定手法の検証に用いるため、これらの概要についても整理している。

第3章では、波高の出現分布としてレーリー分布を用いることにより、不規則波の碎波を表現する算定手法を提案している。算定結果を実験結果および現地観測結果と比較し、既存の他のモデルより良好な算定が可能であることを示している。

第4章では、不規則波の波高を2乗平均平方根(rms)値で代表して表現することにより、規則波に対して提案されている碎波後の波高算定手法を不規則波に適用する手順を説明している。算定結果を実験結果および現地観測結果と比較し、良好な算定が可能であることを示している。

第5章では、周波数スペクトルの1つであるワイブル分布を介することにより算出されるスペクトル有義波高で不規則波を表現し、不規則波の碎波後の波高を算定している。実験結果および現地観測結果と比較検証により、精度の高い波高算定結果が得られている。

第6章では、波高の大きい波から順に碎波が生じる不規則波に対して、気泡によるエネルギー逸散の効果を考慮した波高の出現頻度分布を新たに提案している。水深が異なる複数の地点で波高を測定した実験結果との比較から、提案されている既存の波高出現頻度分布より、測定された波高分布が良好に再現されている。特に、碎波が多く生じることにより気泡の混入が多くなる、水深の浅い地点においての再現性が既存の分布より良好であることから、気泡によるエネルギー逸散の効果を考慮することの重要性が示されている。

第7章では、前章までに得られた結果を総括するとともに、今後の課題を述べている。

以上のように、本論文は気泡によるエネルギー逸散の効果を導入した碎波後の波高算定を、現実的な不規則波に適用するための手法を提案しており、新規性が高い上に、工学的な有用性が高い。また、波高の出現頻度分布の比較からは気泡によるエネルギー逸散の効果を考慮することの妥当性が示されており、気泡混入を伴う際の波高算定において有益となる知見を提供している。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。