

打上げ・越波統合算定モデルの適用性拡張に関する研究
Study on Applicability of Integrated Formula of wave Overtopping and Runup Model (IFORM)

○由比政年・間瀬肇・平石哲也・川崎浩司・金洙列・榎田真也・水谷英朗
○Masatoshi YUHI, Hajime MASE, Tetsuya HIRAIISHI, Koji KAWASAKI,
Sooyoul KIM, Shinya UMEDA, Hideaki MIZUTANI

This study proposes an extended form of the Integrated Formula of wave Overtopping and Runup Modeling (IFORM) for beaches with a range of berm width. The dissipative effects of the berm is incorporated as a reduction factor in the extended model and expressed as a function of the berm width normalized by the offshore wavelength and the relative surge height normalized by the offshore wave height. Comparisons with numerical experiments show good performances of the extended model, and the extended formulas are shown to be applicable for wide range of berm and surge conditions.

1. はじめに

気候変動に伴って沿岸リスクが増大し、海岸保全施設の老朽化も進行する中、海岸護岸の段階的嵩上げ法の検討が進められている。この種の検討では、安全性水準の整合性を確保するために、打上げ・越波の統一的扱いが可能で、波浪の不規則性の影響を考慮できるモデルを活用することが望ましい。こうした観点から、Maseら(2013)は、改良仮想勾配法に基づいて、不規則波を対象とした打上げ・越波統合算定モデル IFORM(Integrated Formula of wave Overtopping and Runup Modeling)を構築した。このモデルは、複雑な海底地形や断面形状に対応可能で適用条件の制約が小さく、詳細な数値計算を用いずに現地の多様な設計条件を網羅できる等の特長を有しており、その適用性の検証や適用範囲の拡張が進められている。

本研究では、IFORM モデルについて、堤防前面に幅広のバーム地形を有する場合について拡張を行い、その適用性を検証するとともに、バームの散逸効果及び高潮来襲時の水位上昇の影響について解析を行う。

2. IFORM モデルの概要

不規則波を対象とした打上げ・越波統合算定モデル IFORM で用いられる打上高算定式をイリバーレン数 ξ を用いて表すと次式となる。

$$\frac{R_{2\%}}{H_0} = 2.99 - 2.73 \exp(-0.57\xi) \quad (1)$$

ここで、 $R_{2\%}$ は2%打上高、 H_0 は換算沖波波高であ

り、イリバーレン数は改良仮想勾配法により決定される。仮想勾配計算式については、間瀬ら(2016)等を参照されたい。

3. バーム地形の散逸効果のモデリング

(1) Park and Cox (2016)の数値実験の概要

IFORM モデルをバーム地形に拡張するに当たり、Park and Cox(2016)による数値実験のデータを活用した。その概要は以下の通りである。

Park and Cox (2016)は、波浪、潮位、バーム幅の影響を考慮した打上高算定式を構築するために、体系的な数値実験を行った。米国に来襲したハリケーン観測値を参考に設定された波浪条件は、有義波高 2.0~4.0 m、ピーク周期 10~18 s、潮位 $S=1.0\sim 4.0$ m である。解析に用いられた断面地形を図1に示す。砂丘部分は Gauss 分布、バーム部分は水平床、外浜部分は平衡断面式で近似された。バーム・砂丘の形状は、米国の海岸で観測された地形を参考に設定された(バーム幅 $W_b=0\sim 200$ m)。

(2) バーム地形の散逸効果の組み込み

本研究では、バーム地形による減衰効果を表す係数 C を従来の算定式に乘じることにより、IFORM モデルを拡張することを試みた。

$$\frac{R_{2\%}}{H_0'} = C(W_b^*, S^*) [2.99 - 2.73 \exp(-0.57\xi)] \quad (2)$$

減衰係数 C の決定にあたっては、沖波波長 L_0 および波高により無次元化されたバーム幅および相対潮位を主要パラメータとして用いた。また、解析にあたっては、無次元打上高 R^* を用いた。

$$W_B^* = \frac{W_B}{L_0}, \quad S^* = \frac{S-h_B}{H_0}, \quad R^* = R_{2\%}/H_0 \quad (3)$$

減衰係数の定式化にあたり、まず、数値実験データに対して、無次元打上高と無次元相対潮位・無次元バーム幅の関係を検討して特徴を把握した後に、無次元バーム幅を主変数として、減衰係数に関する回帰式の算出を行った。回帰式の算出にあたっては、以下の関数形を仮定し、 S^* の個々の範囲に対して平均自乗誤差が最小となるように係数 β, γ を S^* の関数として経験的に決定した。

$$C(W_B^*, S^*) = 1 - \beta(S^*) \tanh(\gamma(S^*) \cdot W_B^*) \quad (4)$$

4. 拡張 IFORM モデルと数値実験の比較

図2は、数値実験データに対して、無次元打上高と無次元相対潮位の関係を整理したものである。 $S^* < -0.3$ の範囲では無次元打上高は減少傾向にあり、 $-0.25 \sim -0.2$ 付近で極小となった後に増加傾向に転じる。図3は、数値実験データに対して、無次元打上高と無次元バーム幅の関係を整理したものである。全体に、無次元バーム幅が増加するにつれて、無次元打上高も減少する傾向が見取れる。ただし、その影響は、無次元バーム幅がある値を超えると一定値に漸近する。

図4には、本研究で得られた補正係数を IFORM モデルに組み込んで数値実験結果の再現計算を行い、両者による無次元打上高の比較を行ったものである。拡張 IFORM モデルは広範なケースにわたって良好に数値実験結果を再現できていることが確認できる。他のモデル (Park・Cox モデルおよび Stockdon モデル) との比較においても、定性的・定量的な再現性はほぼ同等である。

4. おわりに

バーム幅に応じた低減係数を乗じることで、バーム地形を対象に IFORM モデルの拡張を行った。拡張モデルは Park & Cox(2016)の数値実験結果を定性的、定量的に良く再現することができた。

謝辞：数値実験データはオレゴン州立大学 D.T. Cox 教授にご提供いただいた。本研究は、京都大学防災研究所共同研究(平成30年度一般共同研究30G-09)の成果による。

参考文献

H. Park and D. T. Cox, Empirical wave run-up formula for wave, storm surge and berm width, *Coastal Eng.*, Vol. 115, pp. 67-78, 2016.

H. Mase et al., Wave Runup and Overtopping at Seawalls built on Land and in Very Shallow Water, *J. WPCOE., ASCE*, Vol. 139, No. 5, pp.346-357.

間瀬ら, 打上げ・越波統合算定モデルの精度検討, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.72, No.1, pp.83-88, 2016.

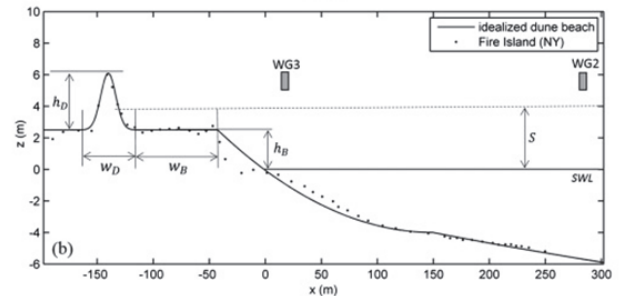


図1 地形の概要 (Park and Cox, 2016)

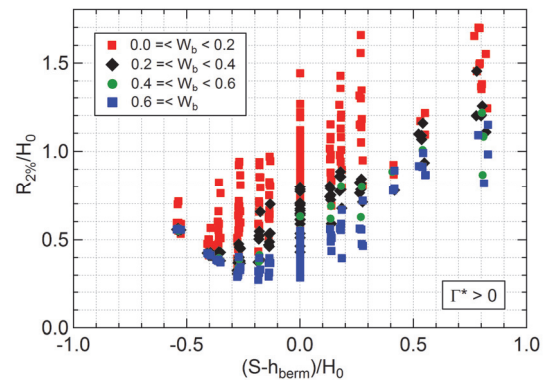


図2 無次元相対潮位と無次元打上高の関係

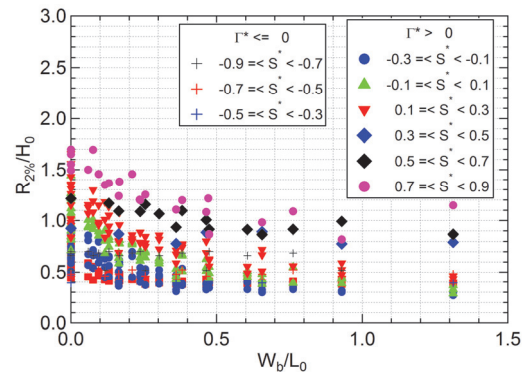


図3 無次元バーム幅と無次元打上高の関係

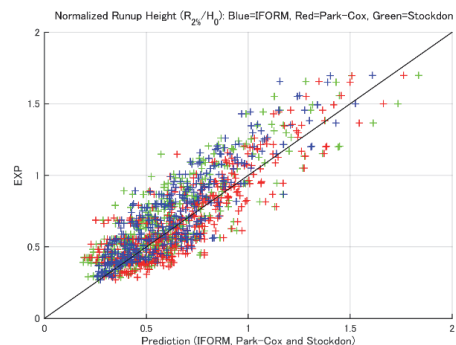


図4 数値実験結果と IFORM モデルの比較