

高潮時の越波・越流同時生起および遷移過程に関する実験的研究
 Experimental Study on the Process of Simultaneous Wave Overtopping and Current Overflow and Transition during Storm Surge

○松木謙太・甲田友里花・安田誠宏・平石哲也・張哲維・森信人
 ○Kenta MATSUKI・Yurika KODA・Tomohiro YASUDA・Tetsuya HIRAISHI・
 Che-Wei CHANG・Nobuhito MORI

In this study, we experimentally measure and clarify the change of wave overtopping volume under the condition that the margin of the crown height of seawall changes due to the gradual rise of the tidal level caused by the storm surge. Series of experiments were conducted using the tsunami simulation tank which can generate wave and storm surge simultaneously. The experimental results under steady state (no storm surge) conditions were compared with Goda's wave overtopping discharge estimation chart, and the experimental results were fairly agree with Goda's chart. In all cases, the results underestimated the overtopping and overflow when they were calculated separately and added together. The importance of considering the transition process can be inferred from the experimental results.

1. 序論

気候変動の影響による台風の強大化や海面水位の上昇が懸念されている。現在、海岸護岸の天端高の設定では、以下の方法が採られている。

- (a) 潮位が護岸を超えない場合は、高波による越波流量を用いる
- (b) 高潮が護岸を越流する場合は、越流公式を用いる

(a), (b)の計算は別々に行われており、両者の遷移状態は考慮されていないのが現状である。そこで間瀬ら(2020)は、フルスケールで実施された越波・越流遷移実験を基に、越波・越流遷移モデルを開発した。このモデルの精度を向上させるためには、波浪と高潮が同時生起した条件での実験データが必要である。しかし、実験装置の制約から、高潮による潮位変化を起こした上に、波を同時に作用させた実験はこれまで実施されていない。そこで本研究では、高潮により潮位が徐々に上昇することで護岸の余裕天端高が変化する条件下で越波量を測定し、同時生起の影響を明らかにする。

2. 実験概要

本研究は京都大学防災研究所宇治川オープンラボラトリーの津波再現水槽を用いて実験を行った。この水槽は、流れ発生装置とピストン型造波装置

を有しており、同時に作動させることができる。流れ発生装置はポンプにより水槽内の水位を上昇させて、津波や高潮のような長周期の波を起こすことができる。本研究では、流れ発生装置で高潮を、造波装置で波を造波する。水槽の断面図を図1に示す。水槽内には勾配 1/10 の海底地形とそれに接続する高さ 0.8m の水平床が設置されており、水平床の沖側端に高さ 0.25m の直立堤模型を設置した。静水深は 0.89m とし、余裕天端高は 0.16m である。堤防背後に越波量を計測するための採水箱(幅: 0.5m, 長さ: 1.5m, 高さ: 0.15m)を設置した。ポンプを 6 分間、造波装置を 8 分間作動させ、8 分間計測した。ポンプの作動を 6 分間で止めることで、高潮による潮位上昇だけでなく、潮位低下の再現も試みた。実験条件を表 1 に示す。実験縮尺は 1/25 とした。波は不規則波を用いた。流入量 $Q=0$ とは高潮が発生しない定常状態を示す。ポンプを利用して流入量 Q を $0.03\sim 0.10\text{ m}^3/\text{s}$ に変化させた場合の、堤防前面での水位変化を図 2 に示す。 $Q=0.10$ の場合、潮位が天端高を超えるため、越流現象が発生する。

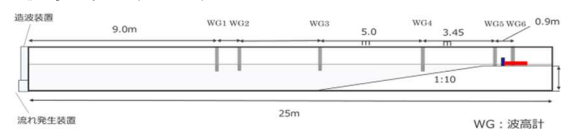


図1 水槽概要図

表 1 実験条件

流入量 Q (m ³ /s)	換算沖波波高 H_0' (m)	有義波周期 $T_{1/3}$ (s)	波形勾配 H_0'/L_0
0, 0.03~0.10 (0.01 毎)	0.068	1.6	0.017
	0.106	2.0	
	0.153	2.4	
(0.01 毎)	0.081	1.2	0.036
	0.144	1.6	
	0.225	2.0	

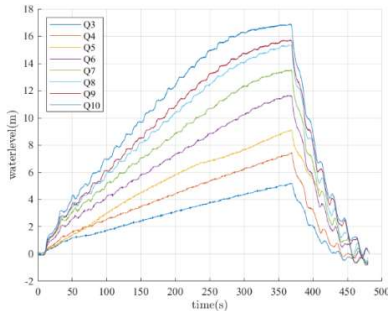


図 2 流れ発生装置による流入量毎の水位変化

3. 越波量算定手法

越波量は、採水箱に設置した波高計によって計測された水位を用いて算定する。箱が満水になるまでは、波高計で測定された水位に底面積を乗じることによって流量を算出する。箱が満水になり水が越流する状態になって以降は、波高計による水位から採水箱の高さを引いた値を越流水深とし、全幅堰の公式を用いて計算する。

4. 実験結果

図 3 に $Q=0.05\text{m}^3/\text{s}$, $H_0'=0.153\text{m}$, $T_{1/3}=2.4\text{s}$ の条件における越波流量の時間変化を示す。縦軸は堤防高(0.25m)で無次元化した無次元越波流量である。定常状態 ($Q=0$) における実験結果と合田の越波流量算定図から求めた越波流量を比較した結果を図 4 に示す。この図より、3. で述べた越波流量算定方法は妥当だと言える。

次に、全ての条件における結果を図 5 に示す。横軸は、潮位変化を作用させた状態で実験して得られた無次元越波流量である。つまり、越波・越流同時生起を考慮した結果である。縦軸は、潮位変化と波をそれぞれで実験して得られた実験結果を足し合わせた値である。これは、波浪推算による越波と高潮推算による越流を別々に計算して足し合わせる設計思想をイメージした結果である。

全ての結果において、越波・越流を別々で計算して足し合わせると過小評価になっていることがわかる。本実験結果から、高潮・波浪同時生起による越波・越流遷移過程を考慮することの重要性が高いことが確認された。

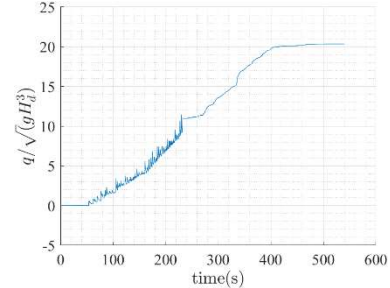


図 3 高潮・高波同時生起条件での越波流量の時間変化

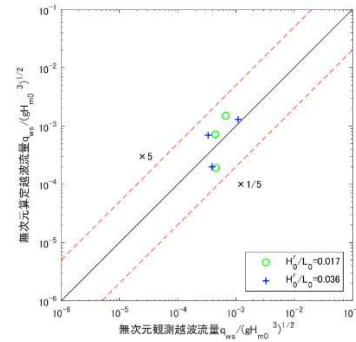


図 4 実験値と合田の越波流量算定図の比較

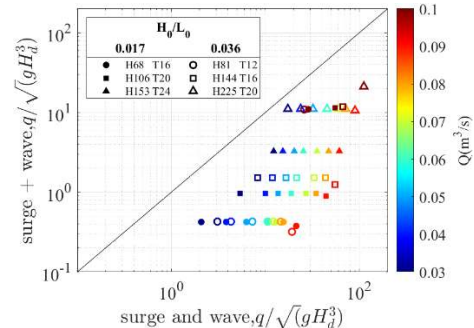


図 5 全ての条件における実験結果

5. 今後の展望

越波・越流同時生起の実験を行い、遷移過程を考慮することの重要性を確認できた。今後は、間瀬ら(2020)が開発した越波・越流遷移モデルの精度検証、そしてモデルの改良をしていく。

6. 参考文献

間瀬肇, 金洙列, 由比政年, 武田将英, 楳田真也, 川崎浩司, 平石哲也, 松下紘資:フルスケール実験に基づく越波・越流遷移モデルと高波・高潮浸水シミュレーションへの実装, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.76, No.1, pp.7-19, 2020.