

## リーフ地形を対象とした直立護岸の不規則波越波計算に関する一考察

名古屋大学大学院工学研究科 学生会員 ○ 菊 雅美  
 名古屋大学大学院工学研究科 正 会 員 川崎浩司  
 名古屋大学大学院工学研究科 学生会員 笹田泰雄

### 1. はじめに

海岸線沿いに主要幹線道路が発達している沖縄本島北部地域では、低気圧の接近・通過時に発生する越波によって、道路護岸の通行規制や背後地の氾濫など、恒常的な越波被害を受けている。そのため、早急な越波対策が求められているものの、周辺海域には天然リーフが発達しており、他の海域と比べてより複雑な波浪伝播となっている。したがって、道路護岸周辺の越波対策を講じるためには、護岸周辺の越波特性のみならず、リーフ上での波浪伝播を十分に考慮する必要がある。そこで、川崎ら(2008a, 2008b)は、実務への適用が進められている数値波動水路 CADMAS-SURF (Super Roller Flume for Computer Aided Design of Maritime Structure) (財団法人沿岸開発技術研究センター, 2008) を用いて、リーフ地形における波浪伝播および越波特性について検討を行い、複雑な条件下における数値波動水路 CADMAS-SURF の有用性を明らかにした。しかし、これらの検討は規則波を用いて行われており、より精緻に越波量を算定するためには不規則波による越波計算が望まれる。一方、数値波動水路 CADMAS-SURF における不規則波計算の改良が行われ (藤原ら, 2008), 一様勾配地形での越波計算については、水理模型実験を精度よく再現できることが示されている (有光ら, 2008; 本田・伊藤, 2008)。そこで、本研究では、不規則波作用下におけるリーフ地形での越波計算に対する数値波動水路の有用性を検討するとともに、リーフ上での波浪伝播および護岸周辺の越波特性について考察する。

### 2. 水理実験と数値計算の概要

不規則波作用下における越波計算の精度検証を行うため、**図-1** に示すように、名古屋大学社会基盤工学専攻の断面 2 次元造波水槽 (長さ 30m, 幅 0.7m, 高さ 0.9m) を用いて水理模型実験を行った。本実験では、沖縄の実海底地形をもとに、1/10 勾配斜面を前面部に有する一様水深のリーフ地形を縮尺 1/40 で単純モデル化した。岸には天端高  $h_c=0.083\text{m}$ ,  $0.115\text{m}$  の 2 種類の直立護岸を設置し、その背後に越波升を設けた。また、**図-1** に示す位置に容量式波高計を設置し、水面変動量の時系列変化を記録した。実験条件を **表-1** に示す。実験条件は、対象地域の 50 年設計確率波に基づき、護岸前面水深  $h$  と有義波周期  $T_{1/3}$  を一定とし、有義波高  $H_{1/3}$  を変化させた不規則波を入射した。また、越波流量  $q$  は、計測時間内に集水された水塊の重量を導水板の幅と計測時間で除することによって求めた。なお、不規則波のスペクトルタイプは修正 Bretschneider・光易型とし、解析対象時間は 163.84s とした。

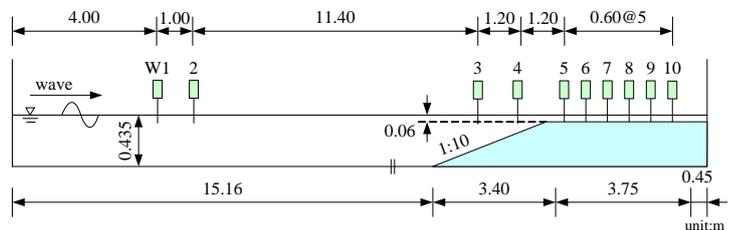


図-1 水理模型実験の概要

表-1 実験条件

護岸天端高 $h_c$	0.083 m, 0.115 m
護岸前面水深 $h$	0.06 m
有義波周期 $T_{1/3}$	2.44 s
有義波高 $H_{1/3}$	0.020 m ~ 0.181 m

数値波動水路 CADMAS-SURF では、有義波高  $H_{1/3}=0.146\text{m}$ 、護岸天端高  $h_c=0.083\text{m}$  に対して不規則波計算を実施した。造波信号は、水理模型実験で使用した不規則波造波信号をフーリエ変換し、各周波数の振幅から水位および流速を求めることによって作成した。そして、W1 を波高検定地点とし、実験値の波高と一致するように通過波検定を行った。計算領域は水理模型実験と同一条件とし、 $\Delta x=\Delta z=0.005\sim 0.02\text{m}$  の不等間隔格子を採用することにより、高精度かつ効率的に計算を行った。また、数値計算では、護岸背後に設けた越波升内の VOF 関数  $F$  値の面積積分から越波量を算出した。

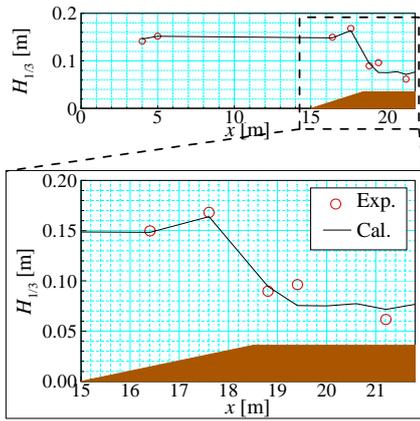
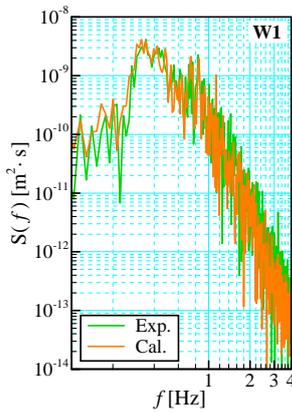
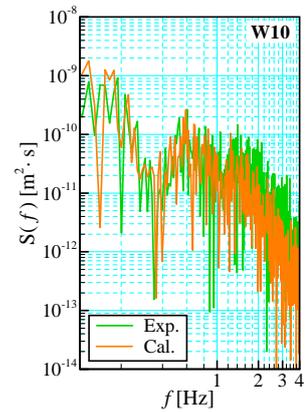


図-2 有義波高  $H_{1/3}$  の空間分布



(a) W1 ( $x=4.00\text{m}$ )



(b) W10 ( $x=21.80\text{m}$ )

図-3 各地点における水位のパワー・スペクトル分布の比較

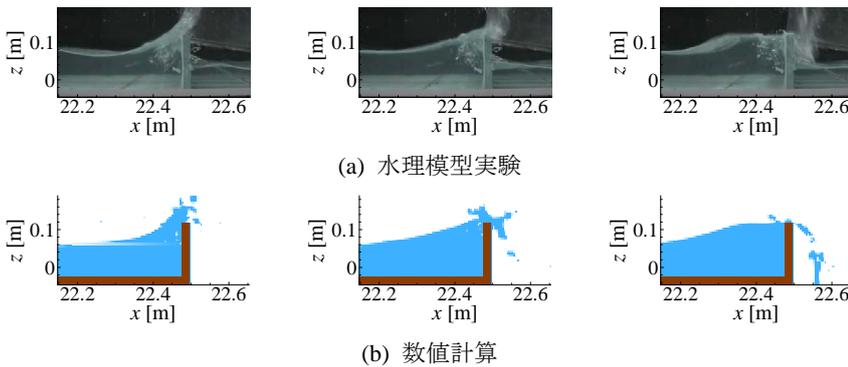


図-4 水理模型実験および数値計算による水面波形の比較

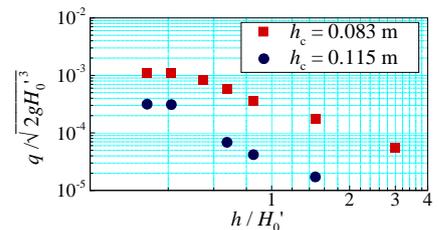


図-5 無次元越波流量

表-2 越波流量  $q$  [ $\text{m}^3/\text{m/s}$ ]の比較

水理模型実験	数値計算
$2.73 \times 10^{-4}$	$3.38 \times 10^{-4}$

### 3. 結果および考察

図-2に、有義波高  $H_{1/3}=0.146\text{m}$  を入射させたときの有義波高の空間分布を示す。多くの入射波は礁縁付近 ( $x \approx 17.5\text{m}$ ) で砕波し、その後、リーフ上で繰り返し砕波を伴いながら護岸へと伝播している。そのため、リーフ上での波高は減衰することなくほぼ一定値となっている。図-3は、波高検定地点 (W1) および護岸前面 (W10) における水位のパワー・スペクトル分布に対して、水理模型実験と数値計算結果を比較したものである。同図から、数値計算は沖側 (W1) のみならずリーフ上 (W10) における水面変動についても水理模型実験をよく再現している。また、リーフ上では有義波周期の第1成分が大きく減衰し、長周期波成分の卓越がみられるなど、リーフ上での繰り返し砕波によって波浪伝播特性が大きく変化していることがわかる。水理模型実験および数値計算による水面の空間波形の比較を示す図-4より、数値計算は水理模型実験の越波状況をよく再現している。実験によって得られた無次元越波流量を図-5に示す。同図から、リーフ上での繰り返し砕波によって護岸前面の波高が減衰するため、相対水深  $h/H_0'$  の減少とともに、無次元越波流量も一定値へと収束する傾向にあることがわかる。また、表-2に示すように、数値波動水路 CADMAS-SURF は水理模型実験で得られた越波流量を精度よく再現している。

### 4. おわりに

本研究では、数値波動水路 CADMAS-SURF が不規則波による越波計算に対しても精度よく計算可能であることを示すと同時に、不規則波を作用させたときのリーフ上での波浪伝播および護岸周辺の越波特性について考察した。今後は、リーフ上での長周期波の発生メカニズム等について詳細に検討していく予定である。

参考文献：[1]有光 剛・安岡恒人・川崎浩司(2008)：海洋開発論文集，第24巻，pp. 1017-1022. [2]川崎浩司・菊雅美・笹田泰雄(2008)：海洋開発論文集，第24巻，pp. 945-950. [3]川崎浩司・菊雅美・笹田泰雄・眞栄里和也・内間安治・嶋田 宏・五味久昭・三浦健悟・柴田哲郎(2008)：海岸工学論文集，第55巻，pp. 831-835. [4]財団法人沿岸開発技術研究センター(2008)：沿岸開発技術ライブラリーNo.30，306 p. [5]藤原隆一・藤間功司・成毛辰徳・安井章雄・稲垣聡・和田匡央(2008)：海洋開発論文集，第24巻，pp. 885-890. [6]本田隆英・伊藤一教(2008)：海洋開発論文集，第55巻，pp. 816-820.