

琉球大学学術リポジトリ

自然海岸における人工的巻波砕波形成への挑戦

メタデータ	言語: 出版者: 沖縄科学防災環境学会 公開日: 2022-07-25 キーワード (Ja): キーワード (En): breaker type, water wave, wave breaking, surf zone, Iribarren number, surfing 作成者: 奥間, 海, 仲座, 栄三 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24564/0002019425

自然海岸における人工的巻波砕波形成への挑戦

奥間 海¹・仲座栄三²

¹琉球大学工学部環境建設工学科 (〒903-0213 沖縄県西原町千原1番地)

²正会員 琉球大学工学部工学科 (〒903-0213 沖縄県西原町千原1番地)

E-mail: enakaza@tec.u-ryukyu.ac.jp

自然海浜海岸に発生する波の砕波は, spilling, plunging, collapsing, surging の4つのタイプに大別できることが知られている. その中でも plunging 砕波は, “巻波砕波”と呼ばれ, サーフィンの上級者に好まれている. 自然海岸では4つの砕波形式の内のいずれかが発生するのであるが, 沖側から来襲する波浪を砕波する直前に, 何らかの形で人工的に砕波形式を変える方向へと導くことができれば, サーフィンが楽しめる海岸創りとなり得る. 本論は, 自然海岸の海底に人工斜面を設置することで, 砕波形式を積極的に plunging に変化させることについて, 数値計算を用いて検討している. 数値計算結果は, 一様斜面勾配の海岸の砕波形式が4つのタイプに大別されることを示した上で, 人工斜面設置が砕波形式を spilling タイプから plunging タイプへと変化させることに成功したことについて説明している.

Key Words: breaker type, water wave, wave breaking, surf zone, Iribarren number, surfing

1. はじめに

サーフィンがオリンピック競技に採択されて, 今後益々サーフィンスポーツが盛んになることが想定される. これに伴い自然海岸に人工的にサーフィンに最適な波を形成させる技術や施設が求められることも予想される. 本研究では, CADMAS-SURF を用いた数値計算によって, 一様斜面の自然海岸における波の砕波形態を調べ, 砕波形態を明らかにした上で, サーフィンに最適とされる巻波を人工的に形成させる技術開発を行うことを主目的としている.

2. 研究方法

本研究では, 数値計算に CADMAS-SURF¹⁾を用いている. 計算格子については, Δx 及び Δz をそれぞれ1.0m及び0.5mに設定した. 図-1に計算に用いた水槽モデルの諸元を示す. 水槽の長さは基本的には800mとし(但し, 海底勾配が1/20の場合には1000mとした), 自然海浜海岸を模した一様斜面の勾配を1/0.5, 1/1, 1/2, 1/3, 1/5, 1/10, 1/20と変化させ設置した. 入射波は周期を7.5s, 8s, 10s, 14sとし, 波高を2.5m及び5mの2種に設定した.

波の入・反射分離には, 久保田ら²⁾の入・反射波分離法を用いた. また, 波別解析にはゼロアップクロス法を適用した.

砕波形態については, 次に示す surf similarity parameter ξ_0' を用いて分類した³⁾.

$$\xi_0' = \tan\alpha / \sqrt{H_0'/L_0} \quad (1)$$

ここに, $\tan\alpha$ は斜面勾配, H_0' は換算沖波波高, L_0 は微小振幅波理論による沖波波長を表す.

3. 数値計算結果

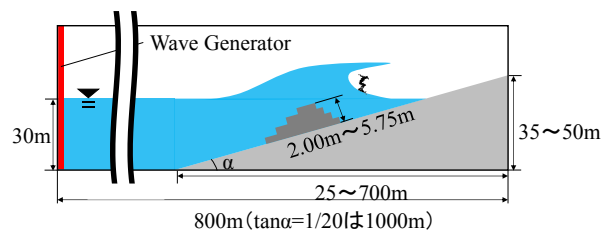


図-1 数値計算に用いた水槽モデル

3.1 自然海岸における砕波形態

仲座ら^{4), 5)}は, 数値計算によって, 一様斜面上の砕波形式が4つのタイプに分類されること及びその発生メカニズムについて説明している. 本研究では, 砕波形式を人工的に制御することを目指しているため, 仲座らと同様な計算を進め, 砕波形式について確認を行った.

数値計算によって求めた一様斜面(自然海浜海岸)における波の砕波の形態を図-2に示す. 図示のとおり, 自然海浜海岸上の砕波形式は, surf similarity parameter ξ_0' によって分類されている. 図に示す結果は, 入射波の周期を10秒, 波高を5mに固定し, 斜面勾配を1/20から1/1まで順に変えている.

図-2(a)に示す砕波は spilling 型砕波である. 砕波点が汀線から遠く, 砕波による質量輸送が幅広い砕波帯にわたって分散されるので, 砕波帯内に発生する戻り流れは非常に弱くなっている. 入射波は非線形浅水変形の影響で波速が遅くなると共に, 波形が前傾化し, 波頂付近の水粒子の速度は波の伝播波速を超えるまでに増加するため, 水粒子が波形を離れ水平方向前面に飛び出すのを特徴としている.

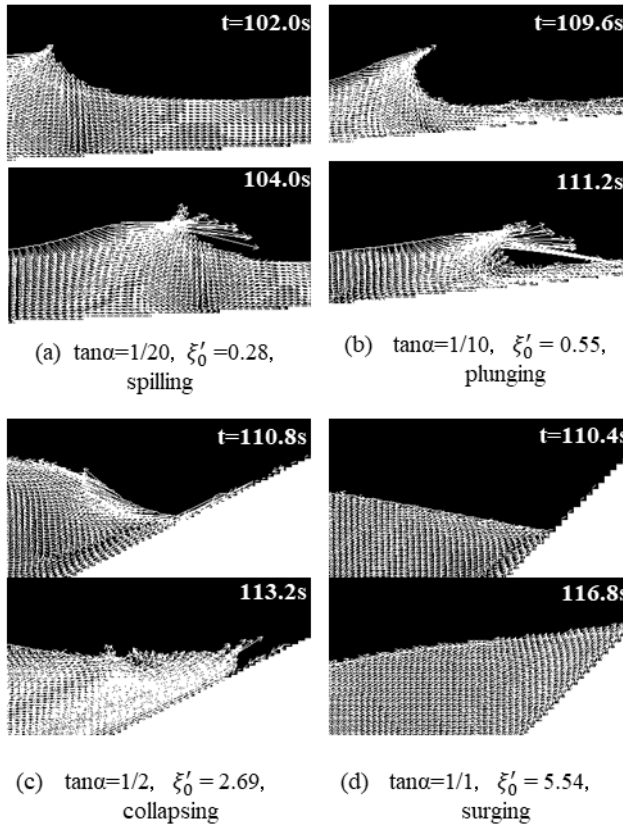


図-2 自然海岸における砕波形態 ($T=10s, H=5m$)

図-2 (b)に示す砕波は plunging 型砕波である。斜面勾配が高まり、水深が増えることで砕波点が汀線に近づくことから（砕波帯幅が狭まることから）、砕波帯内の戻り流れが強まり、海底のある位置で剥離して水表面付近を集中的に流れるようになる。この表層付近の戻り流れが、非線形性によって増した波の水平方向軌道流速と衝突する形で、水粒子がほぼ前方 45 度方向に飛び出し（ジェット形成）、それが巻波（カーリング）を形成させた後に、波前面に突入・飛び出しを繰り返すことを特徴としている。

図-2 (c)に示す砕波は collapsing 型砕波である。斜面勾配が高まり、砕波点はさらに汀線に近づく。急斜面を下る砕波帯内戻り流れの勢いはさらに強くなり、戻り流れが砕波しかけた波前面を乗り越えている。これが、波頂付近の波の水平軌道流速の波形からの飛び出しを押さえ、そして波伝播を止める形にある。波伝播に伴う底面付近の流速は断面縮小による縮流効果で強まり、水粒子は底から吹き出す形で斜面を遡上している。

図-2 (d)に示す砕波は surging 型砕波である。砕波現象は、斜面を遡上する波の先端部に限られ、殆ど砕波の様子は分からない程度である。この場合、入射波のエネルギーは斜面上反射波に受け渡されている。

以上で、自然海浜海岸上の砕波の形態について確認ができた。以下においては、人工斜面を一樣斜面上に設置し、砕波形態を人工的に変えることを試み

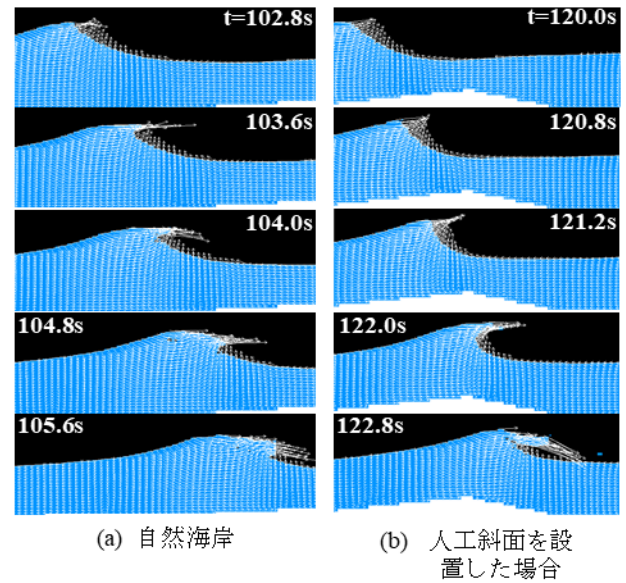


図-3 $\tan\alpha=1/20, T=10s, H=5m, \xi'_0=0.28, h=10m$ の条件に対して 1/10 勾配、Free board 6.25m の人工斜面を設置した場合

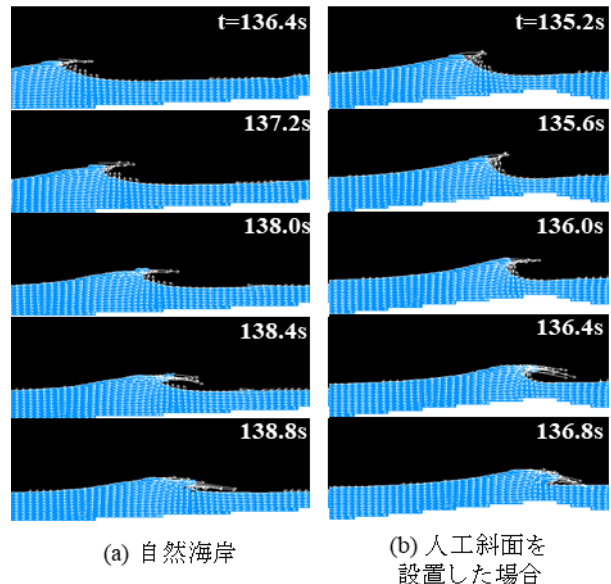
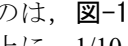
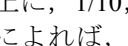


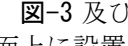
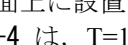
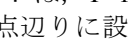
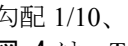
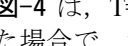
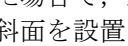
図-4 $\tan\alpha=1/20, T=8s, H=2.5m, \xi'_0=0.34, h=5m$ の条件に対して 1/10 勾配、Free board 3m の人工斜面を設置した場合

る。その際、目標としては、spilling 型から plunging 型の砕波に変えることにする。人工斜面としては、現実的な観点から通常用いられている人工リーフ程度の規模とする。そのような規模の局所的な人工斜面設置で、一樣斜面上の広い範囲で形成されている spilling 型から plunging 型の砕波に変えることができるかを明らかにする。

3.2 巻波 (plunging breaker) の発生技術開発

図-2 (a)にみるように、一樣斜面（自然海浜海岸）において、海底勾配 $\tan\alpha=1/20$ では、spilling 型の砕波形態であった。これを plunging 型の砕波形態に人工的に変えられるかどうかを検討する。設置する

のは、-1 に示すに、自然海浜としての一様斜面上に、1/10, 1/5, 1/3 勾配の人工斜面である。-2 によれば、斜面勾配を変化させ、surf similarity parameter ξ'_0 を所要の値に変化させることで目的の碎波形式が得られるはずである。しかしながら、人工斜面の設置という局所的な斜面設置が、都合よく目的の碎波型形成に繋がるかどうかは不明である。以下にこの事について、数値計算値で検討する。

-3 及び-4 に、勾配 1/10 の人工斜面を一様斜面上に設置した場合の碎波の様子の変化を示す。-4 は、 $T=10s$, $H=5m$ の波の自然海岸における碎波点辺りに設置した場合で、水深 10m の位置に前面勾配 1/10、高さ 3.75m の斜面を設置してある。また、-4 は、 $T=8s$, $H=2.5m$ の波の碎波点辺りに設置した場合で、水深 5m の位置に勾配 1/10、高さ 2m の斜面を設置してある。-4 及び-5 に示すように、いずれの場合も、碎波形態を spilling 型から plunging 型に変化させている。ここでは、具体的に示さないが、人工斜面設置により、波の遡上高は減少し、反射率は同程度になるという結果を得ている。

4. おわりに

CADMAS-SURF を用いた数値計算によって、自然海浜海岸における波の碎波形態を調べ、人工的に巻波を形成させる人工斜面の効果を調べた。その結果、以下のことが明らかとなった。

1) 一様斜面上の碎波形態が、spilling, plunging, collapsing, surging と surf similarity parameter ξ'_0 によって分類できることを確認できた。

2) 自然海浜斜面を模した 1/20 の一様斜面上に人工的に 1/10 勾配の斜面を局所的に設置することで、spilling 型碎波からサーフィンに理想的と言われる plunging 型碎波へと誘導させることができた。

3) 人工斜面設置の場合の反射率は自然海浜海岸の場合と同程度であり、波の遡上高をも抑える。すなわち、人工斜面の設置に防災機能の発現をも期待できる。

謝辞：本研究の一部は尾崎次郎奨学基金、東洋コンクリート株式会社による新たな消波ブロックの開発プロジェクトの援助を受けている。ここに記し感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 沿岸技術研究センター：CADMAS-SURF 実務計算事例集，沿岸技術ライブラリーNo.30，2008.
- 2) Battjes J.A.: Surf similarity, Coastal Engineering, ICCE14th, ASCE, pp.466-480, 1974.
- 3) 久保田進・水口 優・堀田新太郎・竹沢三雄：現地遡上域における反射波の特性，海岸工学論文集，第 36 巻，pp. 120-124，土木学会，1989.
- 4) 仲座栄三・田中聡・本屋敷涼・Schaab Carolyn：水波の碎波形態とその発生メカニズム，pp.1-16，沖縄科学防災環境学会，2019.
- 5) 仲座栄三・田中聡・本屋敷涼・宮里信寿・福森匡泰・Carolyn SCHAAB：一様斜面上の碎波形態が波の遡上高及び反射率に及ぼす影響，土木学会論文集 B2 (海岸工学，Vol.75 (2)，pp. 79 - 84，2019.

(2020 9.1 受付)