

# 琉球大学学術リポジトリ

## リーフ上の護岸越波量算定手法の考察

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): 作成者: 仲座, 栄三, 田中, 聡, 稲垣, 賢人 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.24564/0002019392">https://doi.org/10.24564/0002019392</a>

# リーフ上の護岸越波量算定手法の考察

仲座 栄三<sup>1</sup>・田中 聡<sup>2</sup>・稲垣 賢人<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 琉球大学工学部環境建設工学科 (〒903-0213 沖縄県西原町字千原 1 番地)

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

<sup>2</sup>正会員 株式会社エコー 技術本部防災解析部 (〒110-0014 東京都台東区北上野2-6-4 上野竹内ビル)

E-mail: s-tanaka@ecoh.co.jp

<sup>3</sup>学生会員 琉球大学理工学研究科博士後期課程 (〒903-0213 沖縄県西原町字千原 1 番地)

E-mail: k148656@u-ryukyu.ac.jp

リーフ上の護岸越波量を算定しようとするとき、その手法にいくつかの方法が存在する。その内の一つは、リーフ上の護岸位置における堤前波を求め、それから換算沖波波高を求めて、一様斜面海岸上の護岸を対象として提案されている合田の越波量算定図表を読み取るという手法である。この手法の問題点は、すでに仲座ら (2016) によって指摘されている。本研究は、リーフ上の護岸越波量の算定手法を提案している宮国らの手法を取り入れた算定例を示すと共に、その精度の検討を行っている。その結果、宮国らの算定手法は、合田の越波量算定図表が適用可能であるという前提に立ったものであり、その前提条件が検証されていないこと、算定値が実験値よりもかなり低くなる可能性を示している。

**Key Words :** coral reef coast , seawall , wave ovoer topping rate , wave breaking , surf beat

## 1. はじめに

合田は、不規則波を対象として、一様斜面海岸に設置される直立護岸に対する越波量の算定図表を与えた<sup>1)</sup>。それ以来、日本国の実務設計ではその算定図表が一般に用いられている。リーフ海岸の場合であっても、リーフ先端よりも沖側に対しては、合田の越波量算定図表が適用できる。しかしながら、リーフ上に設置される護岸を対象とするとき、合田の越波量算定図表には考慮されていないリーフ上の波の変形が存在することになり、直接合田の越波量算定図表を参照することができない。

こうした問題点は、リーフ海岸のみでなく、砕波帯内で平面的な波の変形が大きい場合、あるいは一様断面と見なせないような海底地形条件に対しても同様である。このような場合、通常取られてきたのが、仲座ら<sup>2)</sup>が議論しているように、堤前波に対する換算沖波波高の算出を経て合田の算定図表を読み取るという手法である。しかしながら、その方法は、大幅な過小評価となる可能性のあることが示されている。

宮国ら<sup>3)</sup>は、リーフ上に設置される直立護岸に対する越波量を算定するに当たって、設計潮位を次のように変更しなければならないことを示している。

$$SWL = HHWL + \Delta h + a(H_L)_{1/3} \quad (1)$$

ここに、 $SWL$  は設計潮位、 $HHWL$  は既往最大潮位、 $\Delta h$  及び  $(H_L)_{1/3}$  はそれぞれリーフ上の水位上昇量及びサーフビートの有義波高、 $a$  は係数である。宮国らは、係数  $a$  について 0.7 程度として与えることを推奨している。

宮国らは、潮位を式(1)で与えた上で、リーフ上の個々波の有義波高に対する換算沖波波高を求め、それらに対して、合田の越波量算定図表を読み取るという方法を提案している。その妥当性は1/100スケールで行われた実験結果との比較で議論されている。

しかしながら、その妥当性の検証は、合田の越波量算定図表が正しいものであるとする前提条件によっている。一般に、リーフ上の個々波の波高は水位上昇量を加味したリーフ上の水深で規定され、その1~2割程度の値として与えられる。その結果、合田の越波量算定図表の相対水深(横軸)は、 $h/H_0 > 4$  の範囲となる。このことは、算定図表の利用に当たって合田が注意を促していた範囲、あるいはヨーロッパにおける実験データが過小評価となっていることを指摘していた範囲に当たる<sup>2)</sup>。すなわち、宮国ら<sup>3)</sup>や平山ら<sup>4)</sup>が提案するリーフ上の護岸越波量の算定根拠の前提として拠っていた合田の越波量算定図表の正しさが揺らぐ範囲に当たる。

宮国ら<sup>3)</sup>や平山ら<sup>4)</sup>が、実験データとの比較でその妥当性を示してきたことは、合田の越波量算定図表が妥当なものであるとの前提に立ってのことである。しかしながら、机上計算されるリーフ上の(堤前面の)水位上昇量や個々波の波高に拠って越波量の水理実験を行い、その結果を宮国らや平山らの算定手法による越波量と比較するとき、それらが一致した値となるかどうかについては一切の検証もされていない。本研究では、そのことの検証を試みる。宮国らや平山らの実験では、1/100~1/50程度の小スケールでの実験となっているが、本研究では、1/5の大スケールでの実験結果を用い、それらのことの妥当性の有無について検討を行う。

## 2. 具体的計算事例

リーフ上で波を実際に観測してみると、そのデータには必ずといっていいほど顕著なサーフビート (surf beat) 現象が観測される。その周期は50sから数分のオーダーに亘る。観測データからその成分を取り除くと、10s程度で振動する波の成分が残る。この10s程度の振動を示す波の成分は、個々波 (individual wave) あるいは短周期波 (shortperiod wave) と呼ばれる。

以下の議論においては、リーフ沖の換算沖波波高及び周期、静水深、海底勾配として次なる諸元を設定する。

$$\text{換算沖波波高: } H'_o = 7.4m \quad (2)$$

$$\text{沖波周期: } T = 12.1s \quad (3)$$

$$\text{リーフ上静水深: } h = HHWL - GL = 1.8 - (-1.2) = 3.0m \quad (4)$$

$$\text{リーフ先端前面の海底勾配: } 1/10 \quad (5)$$

さらに、リーフ上の波の変形及び水位上昇量などが、次のように与えられている場合を想定する。

$$\text{堤前面波高: } H = 1.4m \quad (6)$$

$$\text{堤前面水位上昇量: } \Delta h = 1.1m \quad (7)$$

$$\text{堤前面水深: } h = HHWL + \Delta h - GL = 1.8 + 1.1 - (-0.5) = 3.4m \quad (8)$$

$$\text{入射側一様水深: } h = HHWL - GL + \Delta h = 1.8 - (-1.2) + 1.1 = 4.1m \quad (9)$$

$$\text{堤前面の海底勾配: } 1/30 \quad (10)$$

以上のような諸元に対して、サーフビートの波高及び個々波の波高が、次のように設定される。

$$\text{重複サーフビート波高: } (H_L)_{\max} = 2 \times 0.8 \times H'_o{}^2 \text{ cm} = 2 \times 0.8 \times 7.4^2 = 0.9m \quad (11)$$

$$\text{重複サーフビート有義波高: } (H_L)_{1/3} \approx (H_L)_{\max} = 0.9m \quad (12)$$

$$\text{個々波の波高: } (H_s)_{1/3} = \sqrt{H_{1/3}^2 - (H_L)_{1/3}^2} = \sqrt{1.4^2 - 0.9^2} = 1.1m \quad (13)$$

ここで、リーフ沖の浅水係数には  $K_s = 1.0$  を用いている。また、式 (11) は、仲座ら<sup>5)</sup>を参照し、リーフ先端からリーフ奥に伝播する入射サーフビートの波高をリーフ沖の入射波高から推定している。さらに、式 (13) は、長周期波と短周期波とのエネルギー合成がリーフ上の波のエネルギーに対応するとの仮定に基づいている。

設定条件に対して、入射側水深に対する浅水係数は  $K_s = 1.4$  と近似されるため、リーフ上の個々波に対する換算沖波波高は、次のように与えられる。

$$\text{換算沖波波高: } H'_o = 0.8m \quad (14)$$

これより、試算する護岸に対して、単位幅当たりの許容越波量を  $q = 0.01m^2/s$  と与えて、次なる計算値を得る。

$$q/\sqrt{2gH'_o{}^3} = 3.2 \times 10^{-3}, \quad h/H'_o = 3.8 \quad (15)$$

以上を基に、合田の算定図表 ( $H'_o/L_o = 0.012$ ) から、次なる量が与えられる。

$$h_c/H'_o = 0.8, \quad h_c = 0.6m \quad (16)$$

これらの値より、必要な天端高として以下を得る。

$$H_c = HHWL + \Delta h + a(H_L)_{1/3} + h_c = 4.1m \quad (17)$$

一方、堤前波高  $H = 1.4m$  を基に、換算沖波波高を求め ( $H'_o = 1.0m$ )、合田の算定図表 ( $H'_o/L_o = 0.012$ ) から、次なる値が与えられる。

$$h_c/H'_o = 0.9, \quad h_c = 0.9m \quad (18)$$

よって、

$$H_c = HHWL + \Delta h + h_c = 3.8m \quad (19)$$

式 (17) と式 (19) で与える結果とには30cmほどの相違がある。いずれの場合も、護岸高と入射波高との比は6~8割程度であり、越流状態の越波が心配される。

実際、1/5スケールによる実験結果は、式 (6) ~ (8) の諸元、 $h_c = 1.4m$ 、直立消波付き条件に対して、平均越波量は許容越波量  $q = 0.01m^2/s$  を越えている。

## 3. おわりに

リーフ上の護岸越波量算定に対し、リーフ上の堤前波に基づく換算沖波を用いた手法、宮国らの手法の何れも1/5スケールの実験による越波量と比較し、かなりの過小評価となった。その主要因は、合田の図表が今回のような適用範囲に対して過小評価を与えていること、宮国らの場合、小スケールの実験による誤差にあると判断される。大スケールの実験結果を基にした、精度良い評価法の提案が喫緊の課題といえる。

## 参考文献

- 1) 合田良実・岸良安治・神山豊：不規則波による防波護岸の越波量に関する実験的研究，港湾技術研究所報告，第14巻，pp.3-44，1975。
- 2) 仲座栄三・田中聡・稲垣賢人：護岸越波量に関する考察，沖縄防災環境学会論文集，Vol.1，pp.1-2，2016。
- 3) 宮国敏秋・又吉昭太・仲座栄三・宇座俊吉：リーフ上の護岸越波に関する研究，土木学会，海洋開発論文集，第24巻，pp.951-956，2008。
- 4) 平山克也・川内清光・宮里一郎・田中和弘：平面リーフ上の護岸越波量推定に関する実験的考察，土木学会論文集 B2 (海岸工学)，Vol.69，No.2，I\_746-I\_750，2013。
- 5) 仲座栄三・津嘉山正光・玉城重則・川満康智・吉田繁・田中聡：湾状リーフ海岸における波・サーフビート，海岸工学論文集，第45巻，pp.281-285，1998。

(2016.8.29 受付)