

Title	越波量算定手法に関する考察
Author(s)	仲座, 栄三; 田中, 聡; 稲垣, 賢人
Citation	沖縄科学防災環境学会論文集(Coastal Eng.), 1(1): 1-2
Issue Date	2016-07-26
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12001/20025">http://hdl.handle.net/20.500.12001/20025</a>
Rights	沖縄科学防災環境学会

# 越波量算定手法に関する考察

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

浅海域における護岸の実務設計（日本国）においては、合田の越波量算定図表を用いることが一般的となっている。実務設計では、リーフ海岸の場合や砕波帯内に平面的なあるいは複雑な海底地形に対する波の変形を伴う場合など、算定図表を適用する際に入射波条件を修正せざるを得ない場合がある。その際には、堤前における到達波高を基に、換算沖波波高を設定し直して、合田の算定図表を読み取り、天端高を決定するという工夫が取られる場合もある。このことに関し、本研究では、代表的な入射条件と海底地形を取り上げ、そうした工夫による算定の問題点を明らかにする。本研究で試算した結果は、こうした工夫による算定値がかなりの過小評価を与えることを示している。

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

## 1. はじめに

日本国における浅海域の護岸に対する越波量の算定手法は、不規則波を対象として、1975年、合田によって与えられた<sup>1)2)</sup>。それ以来、実務設計では、合田の与えた越波量算定図表に基づいて護岸高の決定が行われるのが一般的となっている。合田の算定図表においては、波の砕波前の換算沖波波高が基本量として用いられている。

これに対し、イギリス、オランダ、ドイツなどのヨーロッパ諸国においては、堤前面波高と護岸高との相対比を基本パラメータとする越波量算定手法がマニュアル化されている (2007)<sup>3)</sup>。

これにならい、合田<sup>4)</sup> (2008) は、岡山県内で開かれた第23回海洋開発シンポジウムにおいて、これまでの換算沖波波高を基本とする算定図表から堤前面波高を基本とする算定式へと置き換え、その利用を推奨するとする旨の発表を行った。

その際、越波量算定式が、代表越波量 $\sqrt{gH^3}$ による無次元越波量で与えられていることに対して、著者の一人 (仲座) は、従来通りに $\sqrt{2gH^3}$ であることが、より良く物理的意味を与え得るのではないかととの質問を行った。これに対して、合田は、「係数“2”は、最初から取っておくべきであったと後悔している」と少し冗談交りに回答された。その際、会場の聴衆の大方からは、笑い声が漏れた。

$\sqrt{gH^3}$  とすべきか、あるいは $\sqrt{2gH^3}$  とすべきかについては、ヨーロッパの算定式が前者であることに、合田

の修正の意図もあったと考えられる。あるいは単に「次元解析に基づく」と考えたのかもしれない。「後者の方が良い」とイメージした著者らの類は、堰を越える流れの流量公式に基づいた吉川・椎貝・河野<sup>5)</sup>の先駆的研究を思い浮かべているのである。

さて、合田の与えた越波量算定図表は、これまで実務設計において妥当なものとして利用されてきている。しかしながら、この算定図表は砕波前の波の換算沖波波高を基本量として用いているため、リーフ海岸などのように、砕波帯内にリーフ上の波の変形や平面的な波の変形、さらには複雑な海底による波の変形などが生じるときにはその直接的な利用が困難となる。事実、リーフ海岸においては、宮国<sup>6)</sup>の指摘がある。

本研究では、砕波前の換算沖波波高に対して合田の算定図表を適用した場合と、砕波変形した後の堤前面波高に基づいて換算沖波波高を再定義し、それを越波算定に関する基本量として算定図表を用いた場合との比較を行い、後者の算定工夫の妥当性が低いことを明らかにする。

## 2. 具体的計算事例

以下においては、次のような波の波高及び周期、水深等の諸元を考える。

$$\text{換算沖波波高} : H'_o = 7.4m \quad (1)$$

$$\text{沖波周期} : T = 12.1s \quad (2)$$

$$\text{護岸設置位置水深} : h = 3.0m \quad (3)$$

$$\text{海底勾配} : 1/10 \quad (4)$$

このような設定諸元に対して、堤前面水深  $h=3.0m$  における波高は、合田の砕波変形計算手法に基づいて<sup>2)</sup>、 $H=4.0m$  と与えられる。堤前面における微小振幅波の浅水係数が  $K_s=1.4$  と計算されるため、堤前面波高の換算沖波波高は

$$\text{換算沖波波高: } H'_o = 2.9m \quad (5)$$

と与えられる。

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、波の砕波前の換算沖波波高条件式(1)に基づけば、

$$q/\sqrt{2gH_o'^3} = 1.1 \times 10^{-4}, \quad h/H'_o = 0.4 \quad (6)$$

が得られ、合田の算定図表 ( $H'_o/L_o = 0.03$ ) から、次なる量が与えられる。

$$h_c/H'_o = 1.3, \quad h_c = 9.6m \quad (7)$$

一方、堤前面の波高に基づいて換算沖波波高を求め、

$$q/\sqrt{2gH_o'^3} = 4.6 \times 10^{-4}, \quad h/H'_o = 1.0 \quad (8)$$

合田の算定図表 ( $H'_o/L_o = 0.017$ ) から、次なる量が与えられる。

$$h_c/H'_o = 1.9, \quad h_c = 5.5m \quad (9)$$

以上の試算に基づいて、合田の算定図表を本来の計算手法によって読み取った数値からは、護岸高  $h_c = 9.6m$  が与えられる。しかしながら、浅水及び砕波変形計算を経て堤前面波高を求め、それに対する換算沖波波高を基に合田の算定図表から与えられる護岸高は  $h_c = 5.5m$  である。砕波前の換算沖波波高を正しく適用して計算した護岸高を正解値と考えると、堤前面波高に基づく算定結果は、43%も護岸高を過小評価している。

合田の砕波変形計算手法に基づけば、砕波変形による水位上昇量  $\Delta h$  は、水深  $h=3.0m$  の地点で  $\Delta h=0.7m$  と与えられる。この水位上昇量を加えた水深を堤前面水深と読み替えると、水深  $h'$  が次のように与えられ、

$$h' = h + \Delta h = 3.7m \quad (10)$$

よって、 $K_s=1.3$ 、 $H'_o=3.1$ 、すなわち、

$$q/\sqrt{2gH_o'^3} = 4.1 \times 10^{-4}, \quad h'/H'_o = 1.2 \quad (11)$$

が与えられる。これに対して、合田の算定図表 ( $H'_o/L_o = 0.012$ ) より、次を得る。

$$h_c/H'_o = 2.4, \quad h_c = 7.4m \quad (12)$$

護岸高に水位上昇量分を加味すると  $h_c = 7.4 + 0.7 = 8.1m$  が与えられる。式 (7) によれば、これでも不足である。

合田の越波量算定図表には、すでに水位上昇量の寄与

分が加味されているので、式 (10) ~ (12) に示すように改めて水位の上昇量を加味することには疑問を呈しよう。ここでの議論は「浅瀬 (リーフ) が広く発達しているところでは、設計に用いる潮位にこの水位上昇分を含めるものとする」<sup>7)</sup> とする判断に基づいている。

### 3. おわりに

本研究では、合田の算定図表を読み取る際、砕波前の換算沖波波高を用いる場合と、堤前面の波高を一旦求め、その堤前面波高の算定水深における換算沖波波高を用いる場合との比較を行った。それらの結果は、約43%以上もの誤差を与えた。

この結果は、合田の算定図表の設定が「砕波前の換算沖波波高を用いている」という前提にたてば議論の余地もないことである。しかしながら、リーフ上の護岸越波量 (すなわち、護岸高) を算定しようとするとき、ここで議論したような工夫に頼らざるを得ないというような局面に至る場合がある。ここにおける議論によって、そのような算定手法に根拠のないことは、当然のことであったということが具体的に示されたと言える。

合田<sup>4)</sup>は、このような状況に鑑みて、算定図表を堤前面波高に基づいた算定式に変更せざるを得ないという方針に至ったと考える。今後はその利用が推奨される。しかしながら、合田の算定式の与える値に対して、データの散らばりは小さくない<sup>4)</sup>。

このままの結論ではリーフ上の護岸高の算定が不可能となってしまう。この状況解決は喫緊の課題と言える。宮国<sup>6)</sup>はリーフ上の護岸越波算定手法を提案している。この手法を利用することも一案であるが、その議論が1/100という小スケールの実験結果に基づいている点に気になるところである。

琉球大学仲座研究室では、現在、大型水槽を用いて1/5スケールでの実験が急ピッチで行われている。その成果から、妥当な算定手法が提案されるのを期待したい。

### 参考文献

- 1) 合田良実・岸良安治・神山豊：不規則波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) 合田良実：港湾構造物の耐波設計，鹿島出版会，237p.，1977.
- 3) EA(UK)/ENW(NL)/KFKI(DE)：EurOtop wave overtopping of sea defenses and related structures-assessment manual, June 2007.
- 4) 合田良実：CLASH データベースに基づく統一的越波量算定式の提案：第24巻，pp.939-944，2008.
- 5) 吉川秀夫・椎貝博美・河野二夫：海岸堤防の越波に関する基礎的研究(1)，第14回海岸工学講演会講演集，pp.118-122，1993.
- 6) 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，海洋開発論文集，第24巻，pp.951-956，2008.
- 7) 海岸保全施設技術研究会：海岸保全施設の技術上の基準・同解説，pp.2-9-2-10，2004.

(2016.7.26 受付)