

# 汀線近傍の護岸への不規則波の打上げに関する研究 —算定打上げ高と不規則波の代表打上げ高の関係—

間瀬 肇<sup>1</sup>・宮平 彰<sup>2</sup>・桜井秀忠<sup>3</sup>・井上雅夫<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 工博 京都大学助教授 防災研究所 (〒611-0011 宇治市五ヶ庄)

<sup>2</sup>学生員 関西大学 工学部土木工学科 (〒564-8680 吹田市山手町 3-3-35)

<sup>3</sup>正会員 工修 八千代エンジニアリング (株) (〒153-8639 東京都目黒区中目黒 1-20-23)

<sup>4</sup>正会員 関西大学教授 工学部土木工学科 (〒564-8680 吹田市山手町 3-3-35)

本研究は、人工リーフが設置された場合とない場合について、汀線近傍に設置された護岸への不規則波の打上げ実験を行ってその特性を調べるとともに、現行算定法による打上げ高算定値が実験結果をどの程度表せるのか、すなわち不規則波のどのような代表打上げ高に対応するかを検討した。その結果、1) 不規則波の打上げ高分布は Rayleigh 分布で表されること、2) 人工リーフが設置された場合に、リーフ通過後も有義波周期は変化しないとして求めた打上げ高算定値の方が実験値との対応が良くなること、3) 打上げ高算定値は 1/3 最大打上げ高の下限および平均打上げ高の上限に対応する値であることが明らかになった。

**Key Words:** wave runoff on seawall, random wave experiments, integrated coastal defence, imaginary slope

## 1. はじめに

これまで海岸防護は構造物によってハード的に災害を防止・軽減することが中心であったが、現在では海岸景観や海岸利用、水質保全、避難システムといったソフト的な観点も重視されるようになってきている。

複合防護工法は、護岸、養浜、潜堤や人工リーフ等、複数の海岸施設を組み合わせて海岸を防護する工法であり、同時に海とのアクセスや良好な海岸空間の創造を図る海岸防護方式である。例えば侵食が進んだ海岸で背後地を護岸のみで防護しようとするれば、Fig.1(a)のように天端を高くしなければならず、背後地の住民にとっては海へのアクセス・景観が損なわれることになる。Fig.1(b)のように、養浜によつて海底勾配を緩やかにし、また砂の流出と波高減衰を目的とした潜堤・人工リーフを設置すれば、護岸天端高を低く押さえることが可能となる。

Fig.1(b)のような複合防護施設を設計するに当たっては、個々の施設の波浪制御効果を知った上で、最終的な打上げ高、あるいは越波量を計画値以下になるように個々の施設の諸元を決定しなければならない。個々の海岸施設による波浪変形、平均水位の変化、打上げ高特性については従来から数多くの研究がなされてきて、透過率、反射率、打上げ高の算定式や算定図

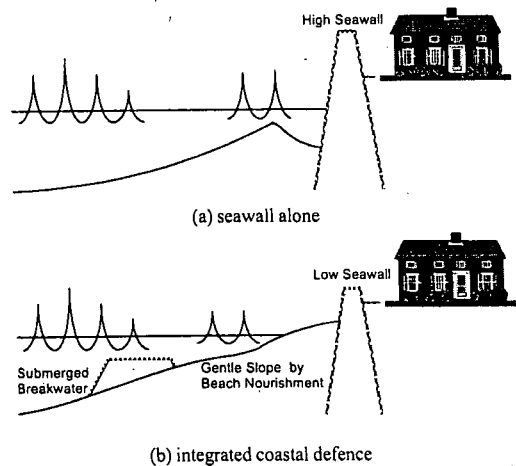


Fig.1 Sketch of Coastal Defence Methods

が整理されている<sup>1)</sup>。こうした知見を用いて、Fig.1(b)のような、養浜が施された緩勾配海浜に人工リーフが設置された場合の護岸への打上げ高あるいは越波量を算定し、複数の施設の諸元を決定する。しかし、それぞれの算定式や算定図は、規則波あるいは不規則波に対する結果であったり、混同して使われていたり、また適用条件が当てはまらない場合も多々ある。現在行

### Design Procedure

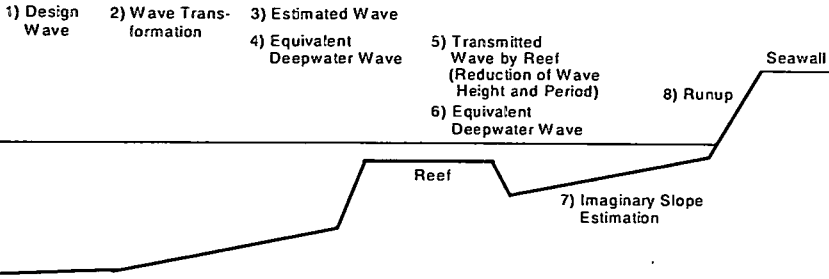


Fig.2 Estimation Procedure of Random Wave Runup on Seawall

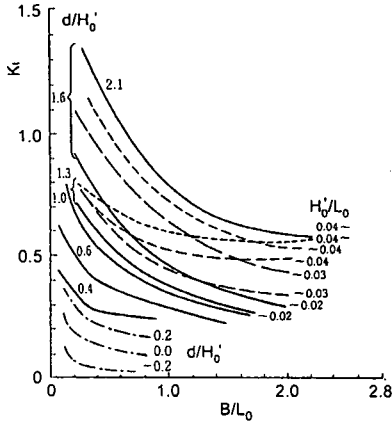


Fig.3 Transmission Coefficient due to Artificial Reef<sup>2)</sup>

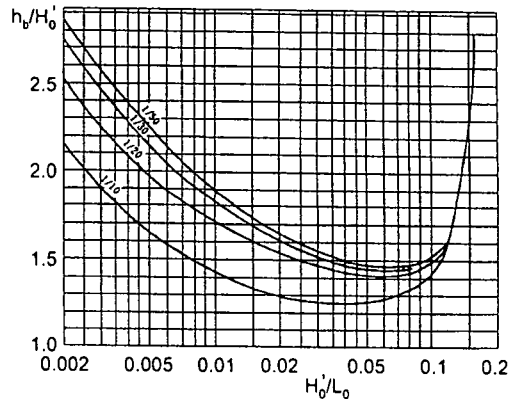


Fig.5 Water Depth at Breaking<sup>3)</sup>

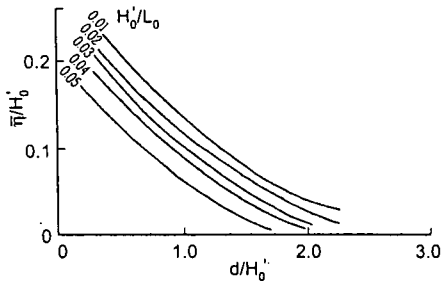


Fig.4 Wave Setup Estimation<sup>2)</sup>

## 2. 打上げ高算定法

Fig.1 (b) に示される護岸への打上げ高算定の代表的な手順は、Fig.2 に示すように、1) 与えられた設計沖波に対し、2) 波浪変形計算により、3) 人工リーフへの入射波を算定し、4) 換算沖波波高  $H_0'$  を求める。5) 人工リーフによる透過率は Fig.3 を用いて算定し、6) 人工リーフ通過後の波高から再度換算沖波波高を求める。そして、7) 人工リーフの岸側では Fig.4 に示す平均水位の上昇を考慮し、また Fig.5 により碎波水深を算定して Fig.6 に示す改良仮想勾配法を用いて海底勾配を定めて、8) Fig.7 により打上げ高を算定する<sup>2), 3), 4)</sup>。打上げ高を求めた後、改めて海底勾配を算定して打上げ高を求める過程を収束するまで繰り返す。

その他、7) の仮想勾配法は用いずに、人工リーフ通過後の換算沖波と豊島らの算定図表<sup>5), 6)</sup> を用いて打上げ高を求める方法がある。

以上の手順における問題点として、第1に規則波と不規則波の結果が混在して使われていることが挙げられる。1) から 4) の過程においては不規則波の波浪変形

われている代表的な打上げ高算定法についての手順と問題点は、次節で説明する。

本研究は、人工リーフがない場合および設置された場合について、汀線近傍の護岸、すなわち堤脚水深が浅い護岸への不規則波の打上げ特性を実験的に調べるとともに、現行算定法による打上げ高算定値はどのような代表打上げ高に対応するかを明らかにするものである。

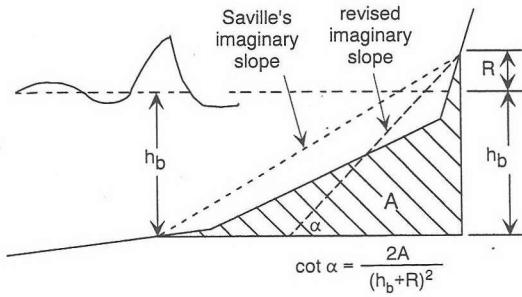


Fig.6 Revised Imaginary Slope Estimation

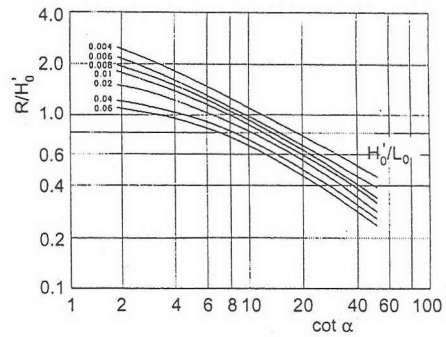


Fig.7 Curves of Wave Runup Height<sup>4)</sup>

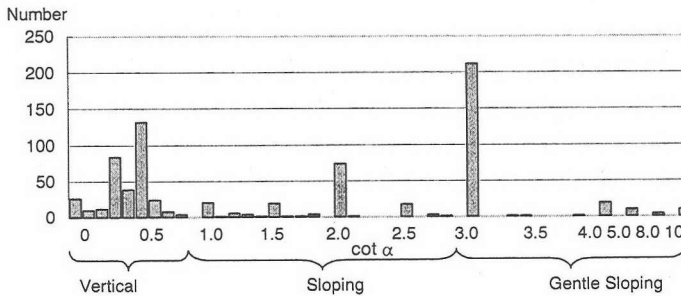


Fig.8 Number of Seawalls Categorized by Front Slope

に基づく結果が用いられる。透過率を算定する Fig.3 は規則波実験の結果を不規則波実験および現地観測結果を考慮して作成されたもので、不規則波に対して適用することができる。しかし、碎波点の算定に用いる Fig.5 は規則波に対する碎波指標であり、また、Fig.7 の打上げ高算定図は主として規則波に対して作成されたものである。逆にいえば、規則波の結果である Fig.7 を用いる整合性を図るために規則波の碎波指標を用いるが、これでは不規則波の波浪変形予測法とは整合しない。このように規則波と不規則波の結果が混在して使われている。また、Fig.7 の打上げ高や豊島ら<sup>5), 6)</sup> の打上げ高算定図は、不規則波のどのような代表打上げ高（最大打上げ高あるいは平均打上げ高）に対応するかわからない。

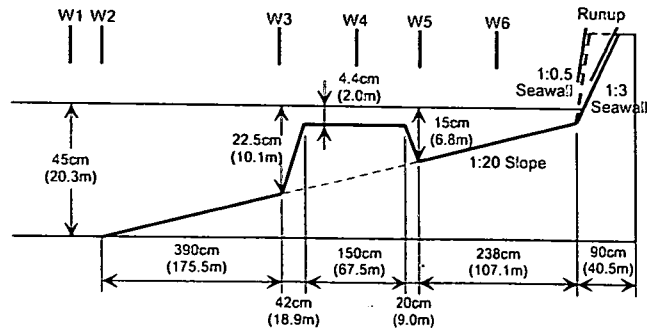
第2の問題は、堤脚水深が浅い場合の緩勾配護岸への不規則波の打上げ高算定図あるいは算定式がほとんどないことである。従来の緩勾配斜面に対する実験結果（例えば、de Waal and van der Meer<sup>7)</sup>）は、堤脚水深が大きい場合の結果を整理したものであり、堤脚水深が小さい護岸への打上げ高の算定には適用できない。豊島ら<sup>5), 6)</sup> の実験条件には堤脚水深が浅い場合も含まれ

ているが、不規則波に対する適用性は検討されていない。

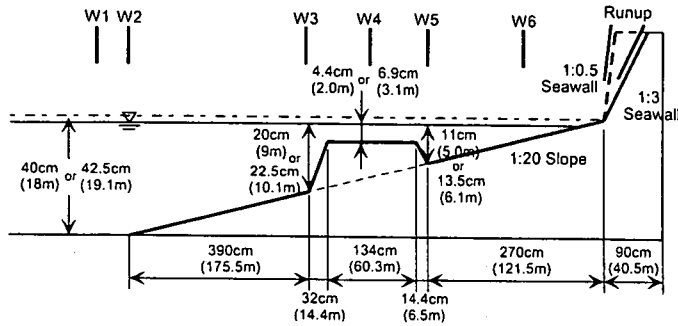
諸外国では打上げ高あるいは越波量の無次元化に当たっては、護岸法先部における入射有義波高  $H_0'$  が用いられる。堤脚水深が小さい場合に、de Waal and van der Meer<sup>7)</sup> の算定式を用いると実験結果とあまり一致しないのは、入射波そのものの特性が異なるためである。わが国では通常  $H_0'$  が無次元化に用いられ、護岸法先部までの波浪変形が陰に含まれた形で無次元打上げ高が定式化されている。

護岸は堤脚水深が小さいか、あるいは、陸上に設置されることも多いので、汀線近傍に設置された護岸への打上げ高の算定図が必要である。van Gent<sup>8), 9)</sup> は、こうした堤脚水深が浅い場合の堤防への打上げ・越波の研究を行っている。改良仮想勾配法では、斜面上の波の変形と打上げが一体化して考慮されており、Fig.7 のように単一斜面への打上げとしてその高さが算定される。しかし、こうした方法の妥当性および精度は十分に確かめられているとは言えない。

以上の点を鑑み、本研究は実務でよく使われる Fig.2 の手順で算定した打上げ高が不規則波のどのような代



(a) Artificial Reef Type 1



(b) Artificial Reef Type 2

Fig.9 Experimental Setup

表量に対応するかを詳細に調べる。

### 3. 不規則波の打上げ実験

#### (1) 実験模型の設定

実験模型の護岸法面勾配の設定に当たっては、現地で施工された堤防・護岸の設計諸元をもとにした。Fig.8 は護岸法面勾配に対してその施工箇所数を整理したものである<sup>10), 11)</sup>。この図によれば、直立護岸は0.5割勾配、緩傾斜護岸では3割勾配が多い。そこで、本実験においては、0.5割勾配と3割勾配の2種類の護岸模型を用いることとする。

また、人工リーフについては実際の施工事例を参照し、離岸距離を約 100 m、天端幅を約 60 m、天端水深を 2 m と設定し、縮尺を 1/45 として2種類の人工リーフ模型を作製した。

#### (2) 実験装置

Fig.9 は実験装置の概要を示したものである。図中の W1~W6 は容量式波高計を示す。W1 と W2 は入射波

および反射波の計測用に設置し、W3 は人工リーフ沖側の法先部、W4 は天端中央、W5 はリーフ岸側の法先部、W6 は水深が 5 cm の地点に設置した。括弧内の数値は現地スケールの値を示したものである。海底勾配は 1/20、護岸の堤脚水深は (a) 図の場合 2.5 cm、(b) 図の場合には 0 cm あるいは -2.5 cm である。

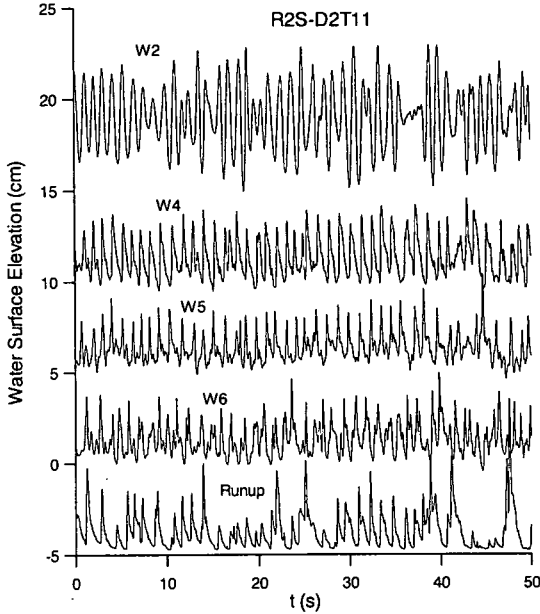
打上げ変動は、長さが 70 cm の容量式波高計の容量線を護岸表面上 3 mm 離すように設置して計測した。緩勾配護岸の場合には波高計の下端を護岸法先部から 10 cm 上方に設置したので、それより打上げが小さい場合には計測できない。急勾配護岸の場合には法先部に波高計の下端がくるように設置した。

#### (3) 実験条件

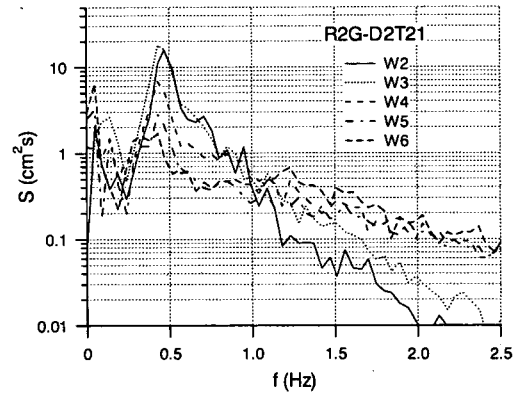
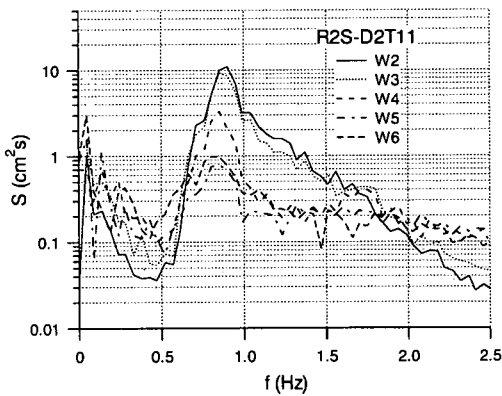
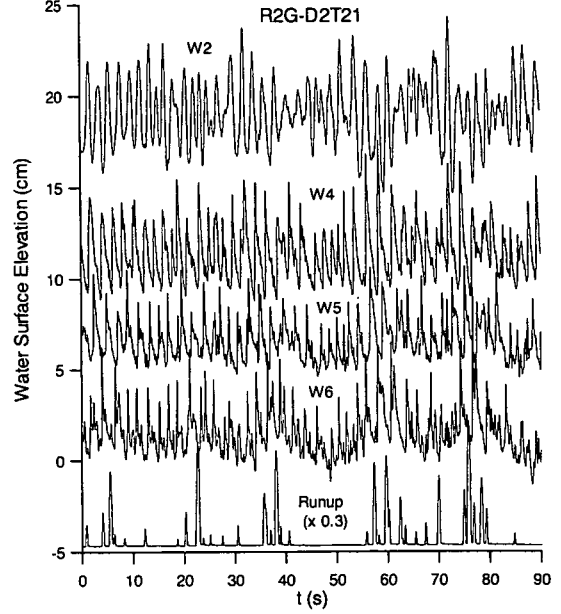
実験に用いた不規則波は、JONSWAP 型スペクトルを有するもので、その目標有義波高は 7.0 cm とし、有義波周期は 0.9 s, 1.1 s, 1.3 s, 1.5 s, 1.7 s, 1.9 s, 2.1 s の 7 種類とした。沖波波形勾配は 0.01~0.06 の範囲となり、通常起こりうる波の条件をカバーしている。

実験ケースは、例えば R2S-D2T11 のように示される。ここで、R2 は Type2 の人工リーフ、S は急勾配

vertical axis shows a scale, not an exact value



vertical axis shows a scale, not an exact value



(a) Steep Slope Seawall under Short Significant Wave Period

(b) Gentle Slope Seawall under Long Significant Wave Period

Fig.10 Water Surface Elevations, Wave Runup Variations, and Energy Spectra

護岸 (G は緩傾斜護岸), D2 は一様水深部の水深が 42.5 cm (D5 は水深 45 cm, D0 は水深 40 cm), T11 は有義波周期が 1.1s を意味する。

#### 4. 実験結果と考察

##### (1) 打上げ高の定義

Fig.10 は2つのケースの水位変動記録と打上げ変動, およびエネルギースペクトルを示したものである。(a) 図は急勾配護岸に周期が比較的短い波が入射するケースである。人工リーフ上にある波高計 W5 では

ソリトン分裂により波の背面に小さな峰が見られる。波高計 W5 および W6 では砕波によるのこぎり状の波形, 振幅減衰, ソリトン分裂によりピーク周波数帯のエネルギー密度が減少してスペクトルが白色化していく傾向とともに, 長周期の水位変動も付随してくる。このケースでは, 波高計 W2 と W6 における有義波周期はほとんど同じである。また, 打上げ波の数と波高計 W6 における主だった波峰の数とはほぼ同じである。

Fig.10 (b) は緩勾配護岸へ周期が長い波が入射するケースであるが, (a) 図と比べて異なるのは波高計 W6 において顕著な長周期の水位変動が見られることであ

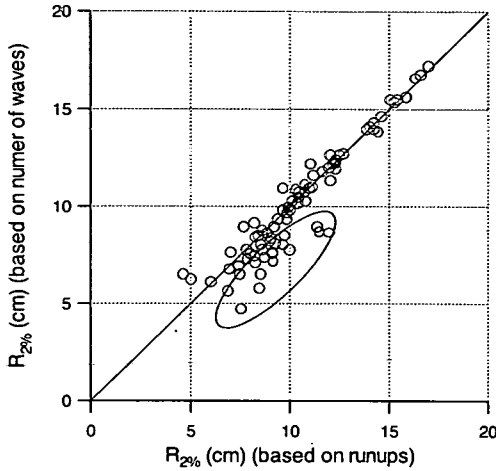



Fig.11 Comparison of Differently-Defined Runup Heights

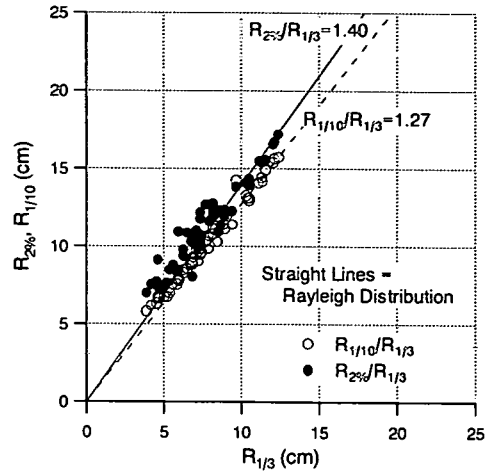
る。波高計 W6 での有義波周期を求めると、波高計 W2 におけるそれに比べて長くなっている。また、W6 では平均水位が上昇しており、個々波が大きい場合に打上げが生じているのが見られる。このケースより入射波の周期が短くなると、打上げ波の個数がかなり減少する。緩斜面上への打上げは、周期が短くなると打上げ波が減少する<sup>12)</sup>のと同様である。

代表打上げ高を定義するに当たって、計測された打上げ波の個数から平均化する波の数を設定する方法では、入射波の何波が打上がっているかの対応があいまいになる。そこで、本研究では打上げ高を次のように定義する。

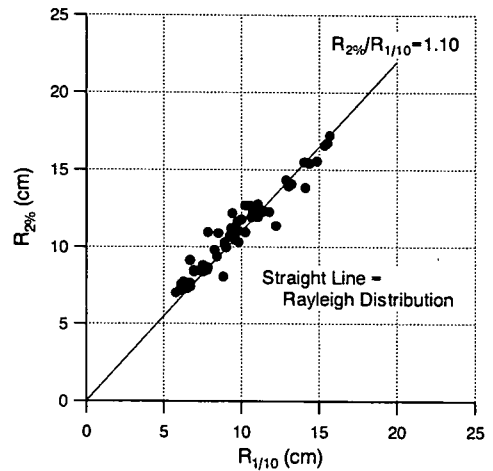
まず、入射波の波の数を求める。その波数が打上げ波の数として、2%超過打上げ高  $R_{2\%}$ 、1/10 最大打上げ高  $R_{1/10}$ 、1/3 最大打上げ高  $R_{1/3}$  を定義する。この定義法では打上げ波の波数は入射波のそれより一般に少なくなるので、平均打上げ高は定義できない。諸外国では打上げ高の代表量として  $R_{2\%}$  を用いることが多い。なお、打上げ波の数から直接定義した代表打上げ高との比較を行ったところ、例えば  $R_{2\%}$  については Fig.11 のように目立った違いはなく、 で囲んだ部分のデータに対して、直接個々の打上げ波から求めた打上げ高の方が本定義法による打上げ高に比べて若干大きくなる傾向が認められた。

## (2) 打上げ高の分布

不規則波の打上げ高特性として、その分布形を知ることが重要である。ここでは、各代表打上げ高の関係、すなわち、 $R_{2\%}/R_{1/3}$ 、 $R_{1/10}/R_{1/3}$ 、 $R_{2\%}/R_{1/10}$  からその分布形を推定することとする。Fig.12 は代表打上



(a)  $R_{2\%}$ ,  $R_{1/10}$  and  $R_{1/3}$



(b)  $R_{2\%}$  and  $R_{1/10}$

Fig.12 Relations between Representative Runup Heights

げ高の比をプロットしたものである。図中の直線は Rayleigh 分布による代表打上げ高比の理論関係を示したものである。プロットされた点は、理論結果である直線で良く表されており、打ち上げ高分布は Rayleigh 分布で表されるといえる。

## (3) 打上げ高算定値に及ぼす有義波周期の影響

Fig.13 は打上げ高算定値を横軸にとり、実験値である  $R_{2\%}$  を縦軸にプロットしたものである。この図によれば、 $R_{2\%}$  は算定値の約 2 倍の周りにばらついているのがわかる。規則波の場合であっても打上げ高はばらつきが大きく、Fig.7 を整理するに当たってもそのばらつきが多いことに注意する必要がある。算定値を求めるに当たっては、「人工リーフの設計の手引き」<sup>2)</sup>にしたがって、リーフ通過後の波周期の減少を考慮し

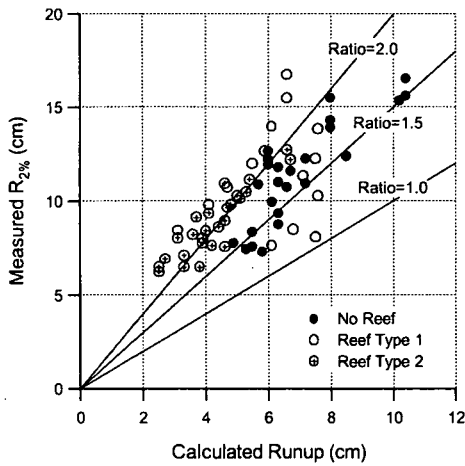


Fig.13 Comparison between  $R_{2\%}$  and Runup Prediction

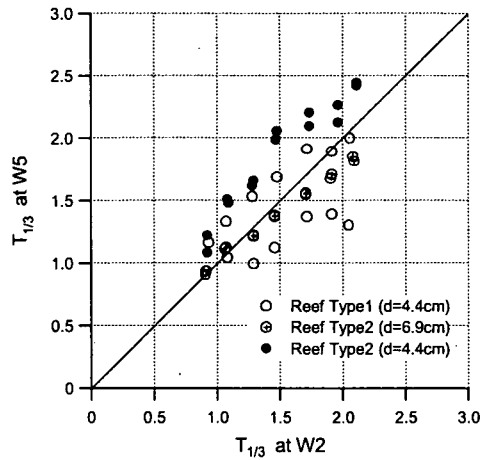


Fig.14 Comparison between Significant Wave Periods

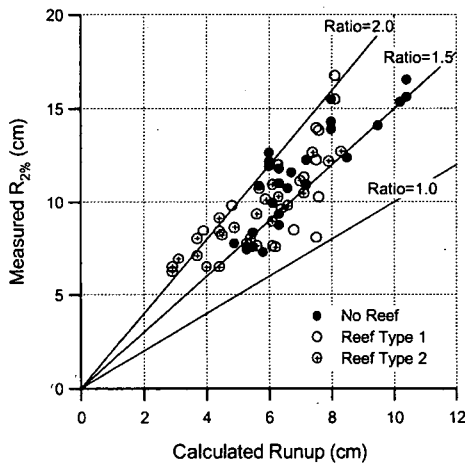


Fig.15 Comparison between  $R_{2\%}$  and Runup Prediction without considering change of wave period

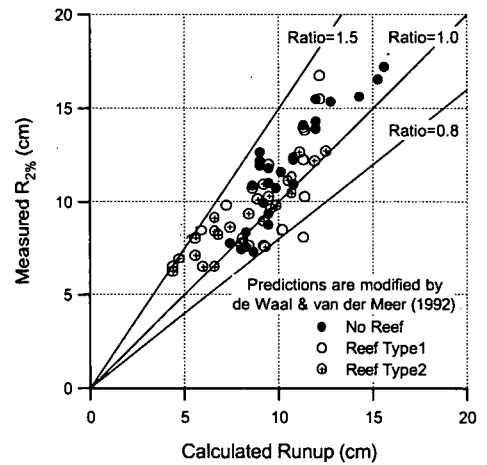


Fig.16 Comparison between  $R_{2\%}$  and Modified Prediction by using Eq.(1)

た。しかし、Fig.10で述べたように、有義波周期は必ずしもリーフ通過後小さくなっていなかった。波高計W2とW5における有義波周期の関係をFig.14に示す。改めてこの図から、有義波周期は人工リーフ通過後波の分裂により常に減少することはなく、平均水位をもとにゼロアップクロス法で波を定義すると、長周期水位変動により平均水位をクロスしない波のために逆に有義波周期が長くなることがある。有義波周期が短くなるか、長くなるかは波条件、人工リーフ形状・設置条件によって異なる。なお、Fig.10(b)の波高計W5とW6の波形を比較してわかるように、波高計W6での有義波周期は、定義される個々波が長周期水位変動により減少して、波高計W5のそれより長くなる。

有義波周期は変化しないものとして算定値を求め、

実験値と比較したものをFig.15に示す。両者の関係はFig.13のそれとあまり変わらないが、データのばらつきからみると、Fig.15の方がFig.13に比べてばらつきの程度が小さくなっている。したがって、以後の算定値は有義波周期を一定として求めたものを用いる。

リーフタイプによる差異としては、Fig.13およびFig.15から、○印で示したType 1の方が算定値に対するばらつきが大きい。

#### (4) 打上げ高算定値と不規則波の代表打上げ高

打上げ高算定値は不規則波の打上げ高のいかなる代表量に対応するかについては、何ら言及されていない。Fig.7は、あくまで規則波の打上げ高である。

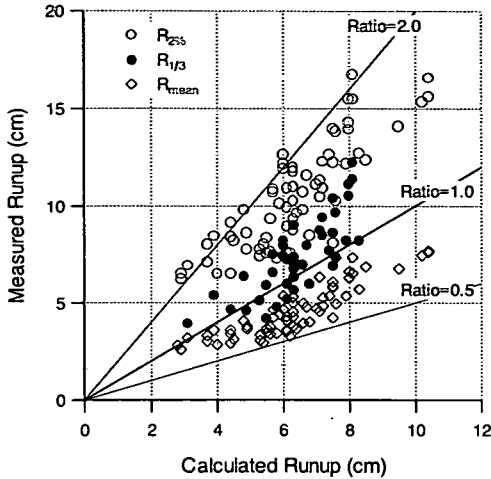


Fig.17 Comparison between Runup Predictions and Measured Representative Runup Heights

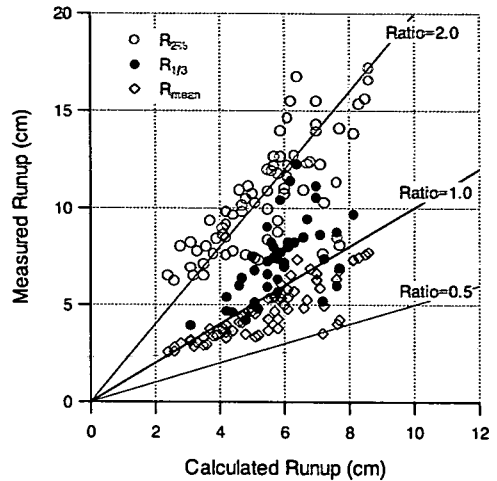


Fig.18 Comparison between Representative Runup Heights and Revised Predictions considering Random Wave Breaker Depth

Mase<sup>12)</sup>は、一様緩勾配斜面への打上げ高に関して、規則波に対する Hunt 式を用いた算定値と不規則波の打上げ高の実験結果を詳細に比較し、Hunt 式における波高として換算沖波波高を用いた算定値は  $R_{1/3}$  より小さく、平均打上げ高より大きいことを示した。従って、規則波に対して得られた結果を不規則波の結果に適用する場合には、何らかの修正が必要となる。本実験の斜面勾配の条件に適合するものとしては、de Waal and van der Meer<sup>7)</sup>の算定式がある。これは、斜面勾配が 1:3, 1:6, 1:8 の場合の  $R_{2\%}$  を定式化したもので以下の式で表される。

$$\frac{R_{2\%}}{H_s} = \begin{cases} 1.5\xi; & 0.5 < \xi \leq 2 \\ 3.0; & 2 < \xi \leq 3-4 \end{cases} \quad (1)$$

ここで、 $\xi$  は surf similarity parameter である。式(1)は  $\xi$  が 2 以下で、Hunt 式 ( $R/H = \xi$ ) を 1.5 倍した形になっている。従って、2. の手順で算定値を求めた後、surf similarity parameter の値をもとに、式(1)により打上げ高算定値を補正して  $R_{2\%}$  とする。こうして求めた修正打上げ高算定値と実測の  $R_{2\%}$  を比較したものが Fig.16 である。実験値は算定値の 0.8~1.5 倍の範囲に収まるが、算定値は概して過小評価となる。

(5) 打上げ高算定値は如何なる代表値か？

2. の方法による打上げ高算定値はどのような代表量に対応するかを明らかにする。Fig.17 は算定値を横軸に、 $R_{2\%}$ 、 $R_{1/3}$  および  $R_{mean}$  を縦軸にプロットしたものである。ただし、 $R_{mean}$  は  $R_{2\%}$  から Rayleigh 分布の関係式を用いて求めたものである。算定値は  $R_{1/3}$  より一般に小さく、 $R_{mean}$  よりは概して大きい。

2. で述べたように、リーフまでの波浪変形は不規則波を対象として算定されているが、砕波水深は規則波

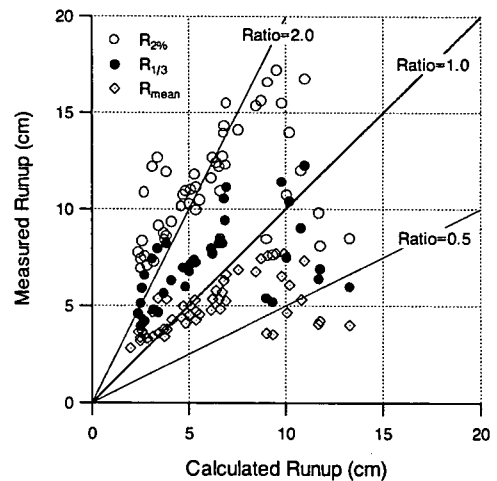


Fig.19 Comparison between Measured Representative Runup Heights and Predictions by Toyoshima et al.'s Figures

の結果を用いており、整合性がとれていない。ここでは、砕波水深も不規則波の結果を用いることとする。不規則波の場合単一の砕波水深を定義することはできないが、合田<sup>13)</sup>は有義波高が最大となる地点  $h_{peak}$  を求める図表を作成しており、この図を用いることとする。砕波水深の位置が異なることで仮想海底勾配が異なることになり、Fig.18 のように Fig.17 とは少し異なる結果が得られる。この図においても、算定値は平均打上げ高の上限、 $R_{1/3}$  の下限に対応する量であることがわかる。これは、Mase<sup>12)</sup> による規則波の遡上高は不規則波の平均遡上高より大きく、有義遡上高より小さいという結果と同じである。

Fig.19 は豊島らの算定図<sup>9)</sup>から打上げ高を求めて実験



結果と比較したものである。ただし、堤脚水深が負である打上げ高算定図は得られていないので、そのような実験条件の結果はFig.19から除外してある。豊島ら<sup>6)</sup>の打上げ高算定図によると、堤脚水深が0である打上げ高は堤脚水深がある場合の結果と大きく異なり、算定される打上げ高は仮想勾配法によって得られるそれに比べ、堤脚水深が2.5cmの場合には大きくなり、堤脚水深が0cmの場合には小さくなって、実験値と比較するとばらつきが大きくなった。従って、算定値と不規則波の代表打上げ高の関係はあいまいになって、算定値と実験値の両者の対応関係がわからなくなる。

## 5. 結 語

本研究は、複合防護工法を念頭において、汀線近傍に設置された護岸への不規則波の打上高を実験的に調べ、また打上げ高に関する現行算定法が実験結果に適用できるかを検討した。不規則波の代表打上げ高は、入射波の個々波の数を打上げ波のそれとして、2%超過打上げ高  $R_{2\%}$ 、1/10 最大打上げ高  $R_{1/10}$ 、1/3 最大打上げ高  $R_{1/3}$  を定義した。2種類の人工リーフ、2種類の護岸勾配および7種類の入射波を組み合わせた限られた条件での実験ではあるが、本研究で得られた主要な結果は以下の通りである。

- 1) 護岸への打上げ高の分布はRayleigh分布で表される。
- 2) 人工リーフ通過後、有義波周期は変化しないものとして算定値をもとめた方が、算定値と実験値とのばらつきは小さくなる。
- 3) 実測の  $R_{2\%}$  は、規則波に対する Hunt 式の結果と不規則波に対する  $R_{2\%}$  算定式との比によって求めた修正打上げ高算定値の0.8~1.5倍の範囲に収まる。
- 4) 改良仮想勾配法によって求めた打上げ高算定値は  $R_{1/3}$  の下限および平均打上げ高の上限を代表する量である。
- 5) 豊島らの打上げ高算定図を用いた算定値は、不規則波の打上げ高をうまく表せない。

本研究は、運輸施設整備事業団「運輸分野における基礎的研究推進制度」による「高潮・高波の推算技術の高度化と防災に関する基礎研究」（代表高山知司）による研究の一部であることを付記し、ここに謝意を表する。

## 参考文献

- 1) (社) 土木学会：海岸施設設計便覧（2000版），582p., 2000.
- 2) (社) 全国海岸協会：人工リーフの設計の手引き，94p., 1992.
- 3) 合田良実：砕波指標の整理について，土木学会論文報告集，第180号，pp.39-49, 1970.
- 4) 中村 充，佐々木康雄，山田譲二：複合断面における波の打上げに関する研究，第19回海岸工学講演会論文集，pp.309-312, 1972.
- 5) 豊島 修，首藤伸夫，橋本 宏：海岸堤防への波のうちあげ高 - 海底勾配1/30-，第11回海岸工学講演会講演集，pp.260-265, 1964.
- 6) 豊島 修，首藤伸夫，橋本 宏：海岸堤防への波のうちあげ高 - 海底勾配1/20-，第12回海岸工学講演会講演集，pp.180-185, 1964.
- 7) de Waal, J.P. and van der Meer, J.W.: Wave run-up and overtopping on coastal structures, *Proc. 23rd Int. Conf. Coastal Eng.*, ASCE, pp.1758-1771.
- 8) van Gent, M.R.A.: Wave runup on dikes with shallow foreshores, *Jour. Waterway, Port, Coastal, and Ocean Eng.*, Vol.127, No.5, ASCE, pp.254-262, 2001.
- 9) van Gent, M.R.A.: Coastal flooding initiated by wave overtopping at sea defences, *Proc. Solutions to Coastal Disasters*, ASCE, pp.223-237, 2002.
- 10) 柴田綱三：海岸堤防・護岸構造集覧，港湾技研資料，No.448, 387p., 1983.
- 11) 建設省河川局海岸課：実務者のための海岸工学，122p., 1990.
- 12) Mase, H.: Random wave runup on gentle slope, *Jour. Waterway, Port, Coastal, and Ocean Eng.*, Vol.118, No.5, pp.649-661, 1989.
- 13) 合田良実：浅海域における波浪の砕波変形，港湾技術研究所報告，第14巻，第3号，pp.59-106, 1975.

(2002. 4. 24 受付)

## RANDOM WAVE RUNUP ON SEAWALL WITH SHALLOW FORESHORE - RELATION BETWEEN PREDICTIONS AND REPRESENTATIVE RUNUP HEIGHTS -

Hajime MASE, Akira MIYAHIRA, Hidetada SAKURAI and Masao INOUE

This study carried out random wave experiments to examine the characteristics of wave runup on a seawall with shallow foreshore, with and without an artificial reef in front of the seawall. The measured representative runup heights were compared with the predictions by a revised imaginary slope method for runup estimations and by some runup prediction curves. Emphasis was laid on the relation between the predictions and representative runup heights, because the existing runup estimation curves were obtained and formulated by monochromatic wave experiments. Main results are: 1) the runup height distribution follows the Rayleigh distribution, 2) the predictions by the imaginary slope method correspond to the upper limit of mean runup heights and the lower limit of one-third maximum runup heights of random waves.