

波のうちあげ高さについて

フジタ工業(株) 正員 ○ 玉川昌之
鳥取大学工学部 正員 木村 晃
鳥取大学工学部 正員 頼山 明

1. はじめに: 斜面上への波のうちあげにおいて, 前の波のもどり流れが大きな影響を与えることは多くの研究者が指摘していることである。規則波の場合, 前の波は波高, 周期の等しい波であり, もどり流れの影響も一義的である。しかし不規則波の場合, 波の組み合わせは多様であり, 波高・周期が与えられても前の波のもどり流れの影響を定量的に評価しない限りうちあげ高さを決定することはできない。すでに不規則波のうちあげ高さに関していくつかの研究が行われ, その確率分布等も与えられているが¹⁾, これらは規則波のうちあげ高さ, 入射波の確率特性と結合して導いたものであり, 規則波のうちあげ高さがすでに前の波のもどり流れの影響を受けたものであることを考えるとこの結果を利用することには大きな問題がある。この研究は不規則波のうちあげ高さの特性を解明する第一歩としてもどり流れの影響を評価することを試みたものであり, 特にもどり流れのない場合, 波がどこまでうちあがるかという点について検討したものである。

2. うちあげ高さに関する実験: 実験は長さ 20 m, 幅 50 cm, 深さ 50 cm のコンクリート製水槽を用いて行った。この水槽の一端に 1/10 勾配の滑らかなスロープを設置し, このスロープへのうちあげとさらに堤防模型を設置した場合のうちあげの 2 通りについて実験を行った。両方の場合とも実験は図-1 に示すように, 規則波だけを作用させた case-I, 斜面上の水深 20 cm の点に反射板を設置して行った case-II, さらに水深 9 cm の位置に止水壁を設置してそれより岸側の水を反射板と止水壁の中にくみ上げて行った case-III の 3 通りの実験を行った。case-II では反射板より岸側では静水面であり, 入射波の zero-up-cross 点が丁度反射板の位置にきた瞬間に反射板を上げると, 波はもどり流れのまったくない状態のうちあがる。case-III では止水壁を取り去るタイミングと反射板を上げるタイミングを調整し, 止水壁を取り去ることにより発生する波が最も高くうちあげた時に入射波がその上を追い越すような状況を作った。一様水深部の水深は $d = 35$ cm と一定にし, 波の周期を 3 通り, 波高を 3 通りの計 9 つの波を用いて実験を行った。

3. 実験結果及び考察: 図-2 は 1/10 勾配の斜面へのうちあげ高さの実験結果を示したものである。図中の実線 I は規則波を用いて行った Saville の実験結果を示したものであり, ここで行った実験結果もほぼこの直線上に載り良い対応を示した。図中の破線 II₁, II₂, II₃ はそれぞれ case-II の実験結果を示したもので, 図中に示したように II₁ は $d/L_0 = 0.076$, II₂ は $d/L_0 = 0.153$, II₃ は $d/L_0 = 0.410$ の波を用いた結果である。図からわかるように, 規則波の場合と異なり, H_0/L_0 が増加しても相対うちあげ高さ R/H_0 はあまり変わらず, ほぼ一定か, わずかに減少する傾向を示す。また d/L_0 の増加とともに R/H_0 が低下

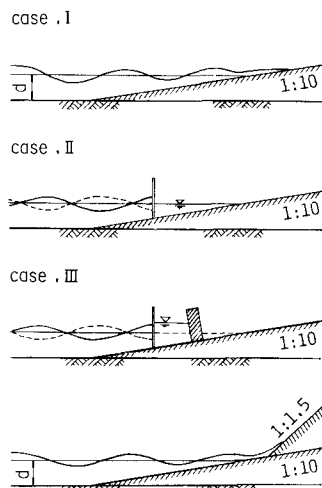


図-1 実験装置及び実験方法

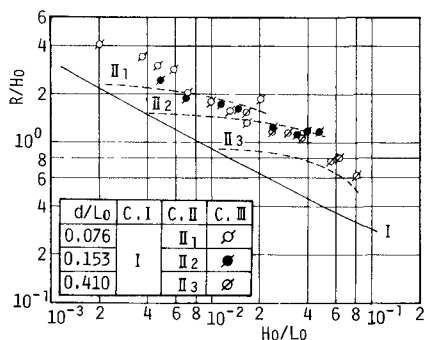


図-2 1/10 勾配斜面へのうちあげ高さ

する傾向がみられる。ただ、各線とも途中で途切れているのは、この先端付近で碎波し実験を打ち切ったためである。図からわかるように、もどり流れのない場合、うちあげ高さは規則波の最大2倍程度まで達することがわかる。また、図中のデータは、case-Ⅲの実験結果を示すものである。図からわかるように、case-Ⅲの $d/L_0 = 0.410$ の結果を除き、データは規則波の実験結果のほぼ2倍付近にプロットされており規則波と同様 H_0/L_0 の増加とともに R/H_0 が低下する傾向を示す。case-Ⅱ、Ⅲとcase-Ⅰとの比較から前波のもどり流れは波のうちあげに大きな影響を及ぼし、もしそれがなければ規則波の結果の2倍程度までうちあげることがわかる。case Ⅲについて波形勾配の小さな領域では R/H_0 の大部分は前波の奇手分であり、 H_0/L_0 の増加とともに前波のない case-Ⅱの結果に漸近している。これから、波が重なり合う状態のうちあげの場合、 H_0/L_0 の増大にともない R/H_0 は前波単独のうちあげ高さからしだいに次の波の単独のうちあげ高さへとなめらかに変化してゆくことがわかる。

図-3は $1/10$ 勾配の斜面上、汀線より 50 cm 岸側に堤防（水平面に対し、 $1:1.5$ ）を設置した場合のうちあげ高さの実験結果を示したものである。図中の○、●印は case-Ⅰの実験結果、△、▲印は case-Ⅱ、◇、●、○印は case-Ⅲの実験結果である。 $d/L_0 = 0.410$ のデータが少ないのは堤防に到達しなかったためである。case-Ⅱの実験値はcase-Ⅰと異り、 H_0/L_0 の増加にともない R/H_0 はむしろ増加の傾向があり、例えば $d/L_0 = 0.076$ のケースでは $H_0/L_0 = 0.02$ 付近で case-Ⅰの約3倍程度まで達していることがわかる。case-Ⅱの実験データが途中で途切れているのは図-2と同様、これより波形勾配を大きくすると碎波し、うちあげ高さが急激に低下するためここで実験を打ち切ったことによる。case-Ⅲの実験結果は、 H_0/L_0 が小さい時は碎線で示す直線 a-b に沿い、 H_0/L_0 の増加とともに case-Ⅱの実験結果と一致するようになる。これより、図-2と同様、波が重なり合う状態のうちあげの場合、 H_0/L_0 の増加にともない、 R/H_0 は前波単独のうちあげ高さからしだいに次の波単独のうちあげ高さへと相互の波の大きさに応じて滑らかに変化してゆくことがわかる。

図-4は図-3と同じ実験で、堤防の位置を汀線から 30 cm の位置に設置した場合の結果である。図から、実験値全体の傾向は図-2、3と同じであるが、 H_0/L_0 の増加にともない R/H_0 の値は増大し、碎波直前では case-Ⅰの実験結果の4~5倍程度まで達していることがわかる。

これらの各図からわかるように、前波のもどり流れの影響を除去すると波のうちあげ高さは非常に大きくなる。本研究では具体的な波の組み合わせについて検討するまでには到らなかったが、不規則波の場合大きな波が間欠的に来襲するとそのうちあげ高さは非常に大きくなる場合があり、注意を要することがわかった。最後にこの研究は文部省科学研究費による研究の一部であることを記して感謝の意を表する。

参考文献：1) Battjes, J. A ; Run-up distributions of waves breaking on slopes, J. of the Waterways, Harbors and Coastal Engineering Division, Proceedings ASCE, Vol. 97, No. WW1, P. 91-114, 1972.

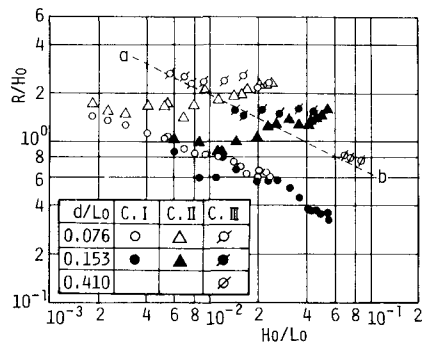


図-3 堤防へのうちあげ高さ
(汀線より 50 cm 位置)

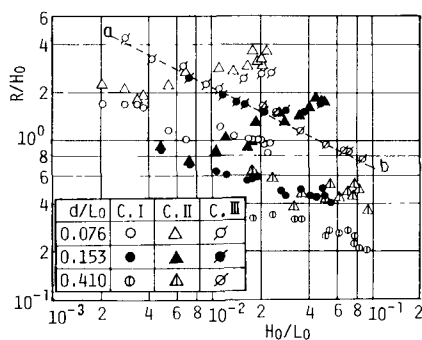


図-4 堤防へのうちあげ高さ
(汀線より 30 cm 位置)