

砕波による質量輸送

京都大学 防災研究所 正員 工屋義人
 岐阜大学 工学部 〃 安田孝志
 琉球大学 工学部 〃 筒井茂明
 京都大学 防災研究所 〃 山下隆男
 京都大学 大学院 学生員 平口博丸

1. 緒言 砕波時の波の特性を知ること、海岸構造物の設計外力、砕波エネルギーの利用といった工学的に極めて重要な応用範囲の広い研究を進めるうえで必須であるばかりでなく、自然界においてしばしば見られるカストロフクな現象の機構を探るという面からも興味深い研究のひとつである。本研究では、砕波による質量輸送に着目して、砕波時のそれかどのような特性をもっているのか、またそれが砕波に伴う波自体の不均衡レビのような関係にあり、最大波の質量輸送に関する理論でどの程度評価できるのかを実験により調べた。

2. 砕波時の質量輸送に関する理論 海岸に打ち寄せる波は、それがたとえ不規則波浪であろうとも、水深が浅くなるにつれて非線形性が卓越し、孤立波的特性が強くなるため、ひとつの孤立した波としての挙動を示すことは体験的に認めるところであるが、かように整形された波の斜面上における変形特性を記述する理論でさえ、その周期性を考慮すると、未定定数が付加され、その決定には言わゆる波速の物理的付加条件が必要となる。このような波動理論の矛盾点を念頭において、ここでは砕波時の質量流束を与える理論として、Stokesの波速の第1定義を用いたStokes波理論、および著者らの提案した擬Stokes波理論、クイト波理論に合田による砕波指標を適用した結果を用いることにした。

3. 砕波の質量輸送に関する実験 (1) 実験装置および方法；実験は質量輸送および砕波の特性に大きな影響を与えると考えられるカビリ流れを除去するために、波の伝播部上部水路部と質量補給用の下部暗き部からなる二重底波浪水槽に、図-1のように1/150勾配を付設しその上部が砕波点となるように改造した水槽を用いて行なう。時間波形および波の定常性は、斜面上の断面に設置した容量式波高計を用い、空間波形の測定には、波速で進行する動座標系から写真撮影して求めた。また、質量輸送速度および最大水平水粒子速度の測定には、中性粒子(比重1.093、平均粒径1.720mmのポリスチレン球)をストロボ撮影することによりLagrange的に求めた。

(2) 実験結果および考察；図-2は(最大水平水粒子速度)/(波速)の空間的变化の1例であるが、この図からはここで対象としたspilling breakerのような波形が定形波に近い場合にはRankinの砕波条件はかなり妥当性があるように思われる。なお、図中のIIの記号はこの範囲内に実験結果が集中していることを、また測定毎に記号を結んだものは1つの浮子が順次進行していった一連の測定結果を示している。図-3は砕波点およびそれから0.9m、4.3mの地点での質量輸送速度の鉛直分布の1例であるが、図中には理論曲線として、波速の第1定義によるStokes波理論の第3次近似

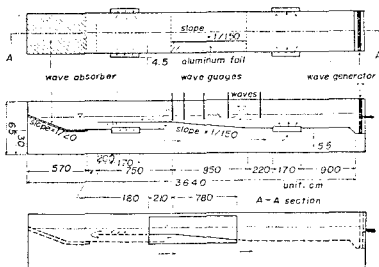


図-1 波浪水槽

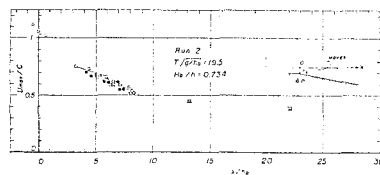


図-2 最大水平水粒子速度と波速の比

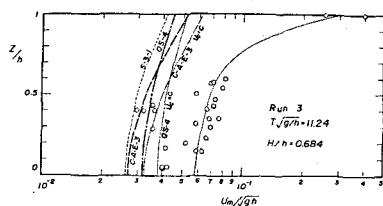
TSUCHIYA YOSHITO, YASUDA TAKASHI, TSUTSUI SHIGEAKI, YAMASHITA TAKAO, HIRAGUCHI HIRONARU

解(S-3-1), 擬Stokes波理論の第4次近似解(OS-4)および著者らのクノイド波理論の第3次近似解(CA-E-3)を, また実験結果の平均値を細い実線でそれぞれ示してある。この図からは次のことがわかる。まず, (c) に示した水深の深い場所での質量輸送速度の分布は, 土屋らの定形進行波の結果とよく一致しており, 理論結果とほぼ対応しているが, 水深が浅くなるにつれて水面付近での値が大きくなって, (a) の砕波区では水面付近で(c)の約10倍以上となり, 内部でも一様に大きくなっていることがわかる。また, 砕波区における水面付近のデータ数が多いのは, この付近では鉛直方向への変位が大きく, 中至粒子が上昇するため, このことは砕波に伴う水粒子の変位は水平方向だけでなく鉛直方向のものを考慮する必要があるのであることを示唆するものであると考えられる。さらに, 砕波時には, 水平水粒子速度だけでなく, 質量輸送速度の鉛直方向の分布にも不均衡が生じていることは, 砕波に伴う波形の前傾と密接な関係があると思われるが, これは砕波現象をその内部機構から究明するうえで非常に興味深い結果である。図4は砕波時の質量流束の実験結果と前述の各理論から求めた理論曲線を示したものである。図中, 白丸は砕波区, 半黒丸は砕波区から40cm下流側の区の実験結果で, 理論曲線は合田による砕波指標を用いて求めた。なお, 砕波時の各実験ケースの無次元周期 $T\sqrt{g/h}$ は次のようである。Run-1; 13.84, Run-2; 19.45, Run-3; 11.24。この図から明らかのように, 実験範囲内では, 無次元周期が大きくなるにつれて質量流束は減衰し, その傾向は一致するが実験値はいずれも理論値よりも大きめに現われている。

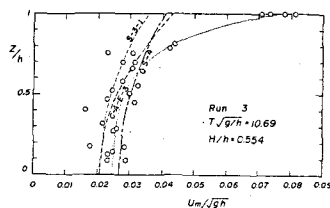
4. 結 語 以上, 砕波による質量輸送について実験を行った結果, 砕波時の波の内部機構と砕波機構との間に興味ある結果を見出すことができた。また, ここで明らかになったことは, (i) 砕波時には水面付近で大きな質量輸送速度が生じ, その分布は水面と水底で大きな勾配をもつこと, (ii) 砕波時の質量流束は著者らの提案したクノイド波理論はく評価されることかわかった。

参 考 文 献

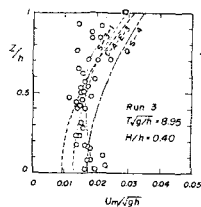
リ土屋美入・安田孝志・山下隆男; 定形進行波の質量輸送, 第26回海岸工学講演会論文集, 1979。



(a)



(b)



(c)

図3 質量輸送の鉛直分布

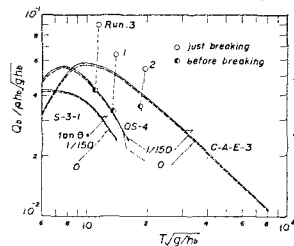


図4 砕波時の質量流束