

水面波ジェットの放出から突入に至る運動特性

岐阜大学 学生会員 ○井坂健司, 小笠原敏記, 水谷夏樹 正会員 安田孝志

【1. 緒言】

砕波による減衰は、波峯からのジェットの放出とその突入によって生じる乱れの生成に支配されていると考えられる。しかし、砕波後の乱流構造は複雑であり、ジェットの突入によって多量の気泡を混入することから、水理実験、数値計算とも困難を極めている状況に変わりはない。一方、砕波帯内の波動場、流れ場を精度良く予測する手法の開発には依然として多くの要請があり、様々な観点からその開発が試みられている。安田ら(1995)は砕波後の諸過程を記述するパラメータとしてジェットサイズを提唱しているが、それはジェット下面が水平となる状態($\theta = 180^\circ$)でのサイズであり、実際には砕波限界から突入時に至るまでにその運動特性が時事刻々変化する。このため、こうしたジェットの時間的運動特性も把握する必要があると思われる。そこで本研究では、砕波限界から突入に至るまでの放出ジェットの運動特性を水理実験より明らかにすることを試みる。

【2. 水理実験の概要】

水理実験は西松建設技術研究所所有の片面ガラス張り水槽 ($1\text{m}^W \times 1.6\text{m}^H \times 65\text{m}^L$) を用いて行った。水深は $h = 26\text{cm}$ とし、水路内に高さ 13cm 、長さ 150cm の鋼製の潜堤を設置した。また入射波を孤立波とし、波高水深比 H/h を $0.375, 0.428, 0.452, 0.495, 0.525, 0.592$ の6通りに変化させて崩れ波型砕波から巻き波型砕波までを発生させた。計測は水路内の潜堤の前後に容量式波高計を2台設置し、初期波高および透過波高を計測するとともに、砕波前後の空間波形、特に本研究の目的であるジェット放出から突入にかけての空間波形の時間的変化を水槽側方から高速度ビデオカメラ(Nac製, 200コマ/sec)を用いて撮影した。撮影された空間波形の一例を図-1に示す。

【3. ジェットの運動特性】

各ケースのビデオ画像データから、砕波限界(波峯前面が鉛直に突っ立つ瞬間)後のジェットが出現し始めた点を画像解析で順次読みとることによってジェット先端の位置を追跡した。図-2は、放出ジェットの先端の水平移動距離を時間的に追跡したものである。ここで、横軸はそれぞれのケースの砕波限界時を時刻 $t = 0$ として示している。いずれのケースも、ジェット先端の水平移動距離が時間に対して直線的に増加しており、ジェットの先端部が等速度で運動していることを示している。次に、同時刻における波頂部の水平移動距離を表したものが図-3である。波頂部においても時間に対して直線的に増加しており、ほぼ等速度運動をしているが、その傾きはジェット先端のそれよりも若干小さく、この速度差がジェット発達の一因であると考えられる。

これに対し、図-4、図-5のジェット先端部および波頂部それぞれの鉛直移動距離の時間変化について見ると、波頂部の鉛直移動はジェット先端部の鉛直移動に対してほぼゼロと見なすことができ、波頂部はこの間水平移動のみを行っていると考えられる。一方、ジェット先端部の鉛直移動については2次曲線的に落下しており、本研究ではこれに最小二乗法による近似を行った。ただし、ここでは時間に対する2次関数 ($z(t) = at^2 + bt + c$) をあてはめ、この2次関数を二階微分して得られる係数 $2a$ を算出した。この係数は加速度に相当するものであり、これが重力加速度に相当する場合は、ジェット先端部が自由落下しているものと考察することができる。

図-6は最小二乗法で推定したジェット先端部と波頂部の水平移動速度をそれぞれの定常波の波速で無次元化し、無次元波高で整理したものである。ジェット先端部について見ると概ね波速を越えており、波頂部については波速を下回っているものが多い。波頂部の水平移動速度は変形を伴っているので厳密な意味での波速ではないが、潜堤による浅水化の影響で波速が低下し、逆にジェット先端部は砕波によって加速していると考えられる。またジェット先端部、波頂部とも無次元波高 H/h が 0.5 付近を境にして傾向が分かれている。別に検討した数値計算結果でも実験と同様の傾向が現れ、海底の諸元を同一にして波高を変化させた場合、波高が比較的低い場合には潜堤を抜けた後、水深の増加に伴う分散の効果が影響しつつも砕波し、波高が比較的高い場合は砕波限界がほぼ潜堤上で発生するため、分散の効果が現れることなく砕波に至る。この分散効果の違いが砕波形式に大きく影響し、これらの量に現れているものと推察できる。次に図-7のジェット先端部の鉛直方向加速度について見ると、 $H/h = 0.428$ のケースを除いて概ね $0.2g \sim 0.4g$ に値をとり、重力加速度に比べてかなり小さい。しかし、ビデオ画像の解析は水平方向の運動スケールに対して鉛直方向のそれは $1/4$ 程度であり、解像度の点からも相当の誤差が含まれていると言わざるを得ず、さらに詳細な解析を必要とするであろう。

【4. ジェットサイズの時間変化】

図-8にジェットサイズの時間変化を示す。ここでのジェットサイズは砕波限界後の overturning を開始した時刻を $t = 0$ とし、突っ立った鉛直面より前方に突き出たジェットの面積をビデオ画像から算出した。照明の関係で $H/h = 0.592$ のケースはビデオ画像からジェットサイズを算出することができず除いた。先に述べたように比較的小さい

波高と大きい波高のケースではジェットサイズの発達率が明らかに異なっており、 $\theta = 180^\circ$ 以降のジェットの発達度合いにも差異が生じている。しかし両者とも時間と共にジェットのサイズが増大しており、突入に至るまで増大し続けている。

【5. 結語】

孤立波の砕波に伴うジェットの運動特性を調べ、砕波限界後のジェット先端および波頂部が等速度で運動していることを示した。しかし、砕波のモデル化にはさらに詳細なデータの取得と検討が必要であり、今後はそれらについて行うと共に、砕波後の乱れ構造とジェットの特性とを関連づけた検討を行う予定である。

【参考文献】

安田孝志, 陸田秀実, 水谷夏樹, 大屋敦嗣, 多田彰秀 (1995): 複合型砕波とその発生条件, 海岸工学論文集, 第42巻, pp51-56.

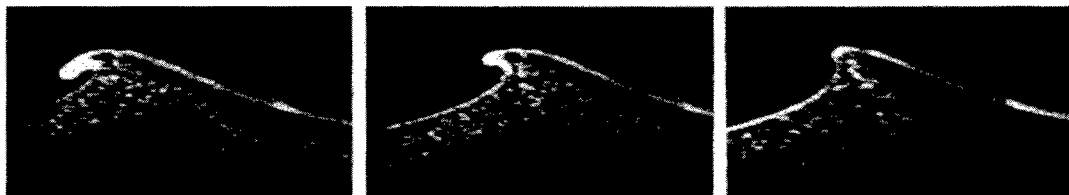


図-1 空間波形の一例

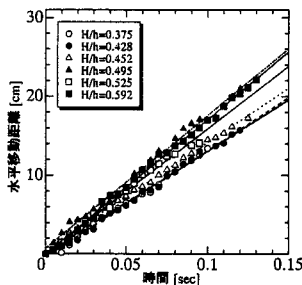
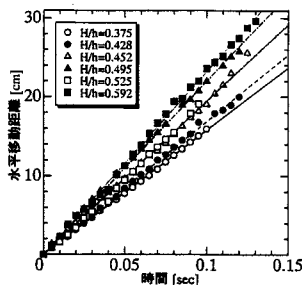


図-2 ジェット先端部の水平移動距離の時間変化 図-3 波頂部の水平移動距離の時間変化

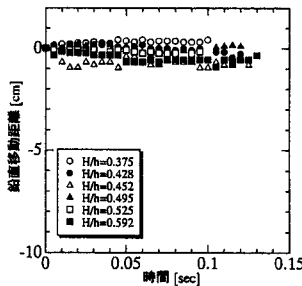
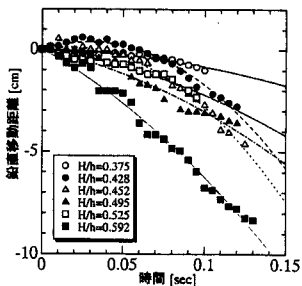


図-4 ジェット先端部の鉛直移動距離の時間変化 図-5 波頂部の鉛直移動距離の時間変化

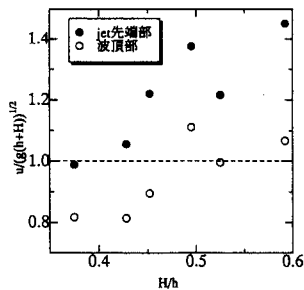


図-6 ジェット先端部, 波頂部の水平移動速度の比較

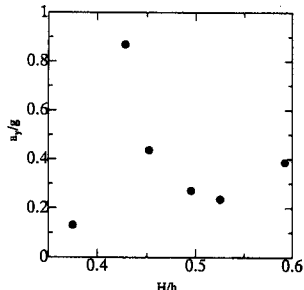


図-7 ジェット先端部の鉛直移動加速度の比較

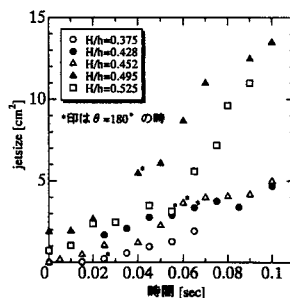


図-8 ジェットサイズの時間変化