

砕波帯内の戻り流れの評価法に関する研究

東京大学大学院 学生員○下野 暁生

東京大学工学院 正会員 DIBAJNIA, Mohammad

東京大学工学院 正会員 磯部 雅彦

1. はじめに：砕波した波はボア状に水面上を転がるようにして一定の海水を岸側に運ぶ。それを相殺する質量輸送が戻り流れで誘起する。本研究では岡安ら(1988)の実験データに基いて、戻り流れの新たな評価式を提案・検証し、それに基づく数値モデルを提案する。

2. 佐藤らのモデル：一様勾配上の規則波に対する戻り流れの評価式として簡潔で頻繁に使われているものに佐藤ら(1988)のものが挙げられる。

$$U = -A_1 \frac{H^2}{DT}$$

砕波によって一周期 T の間に生じる質量輸送が砕波後の波（ボア）の波高 H の自乗に比例し、それと相殺する戻り流れ U が水深 D にわたって一様に分布しているという仮定に基づいてこのモデルは導かれている。岡安ら(1988)の実験データを用いてこのモデルにより計算された戻り流れ（比例係数を除く）と鉛直平均された実測の戻り流れ（絶対値）をプロットしたものが<図1>である。

3. 新しいモデルの提案：今回提案するモデルではボアの波形を三角形で近似し、ボアによる質量輸送が三角形の面積に比例すると仮定する。すると戻り流れは下のように書ける。

$$U = -A_2 \frac{HL/2}{DT}$$

ここで浅海域での波速の近似式 $C = L/T \approx \sqrt{gD}$ を用いて書き換え、次式を得る。

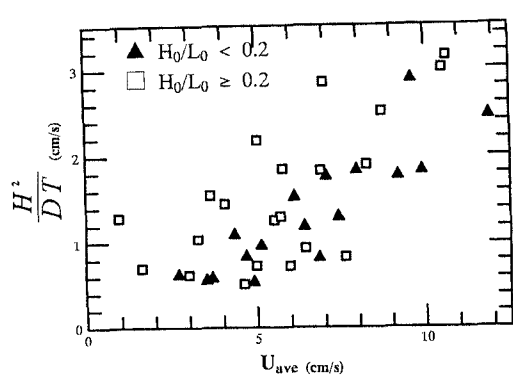
$$U = -A_1 \sqrt{gD} \frac{H}{D}$$

上式には周期が含まれないが、岡安らの実験データを用いて同様にプロットしたものが<図2>である。相関係数は<図1>では0.7185、<図2>では0.7440であり多少上がっているが、なお水深 D の代わりにトラフ高 D_t を用いてもほぼ同様の結果が得られた。

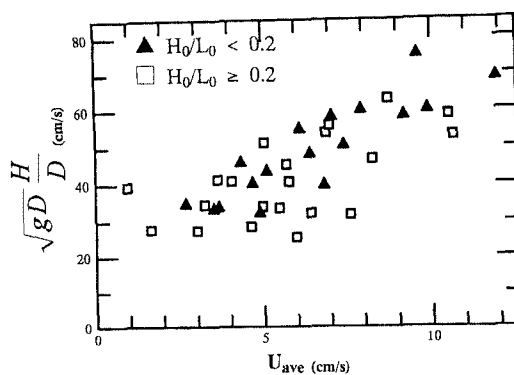
4. 戻り流れを含む波浪変形数値モデルの提案：渡辺ら(1994)は砕波減衰項を取り入れたBoussinesq方程式を数値的に解くことで砕波帯内での波の場と流れの場を同時に計算できることを示した。しかし戻り流れの影響が考慮されていないため必ずしも流れの場については良い結果が得られてはいなかった。そこで砕波による質量輸送の項を更に新たに組み込んだ以下の式を数値的に解くことを試みた。

$$\begin{aligned} \frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial F}{\partial x} &= 0 \\ \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h^2}{3} \frac{\partial^3 Q}{\partial t \partial x^2} + M_p + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{F^2}{H} \right) &= 0 \end{aligned}$$

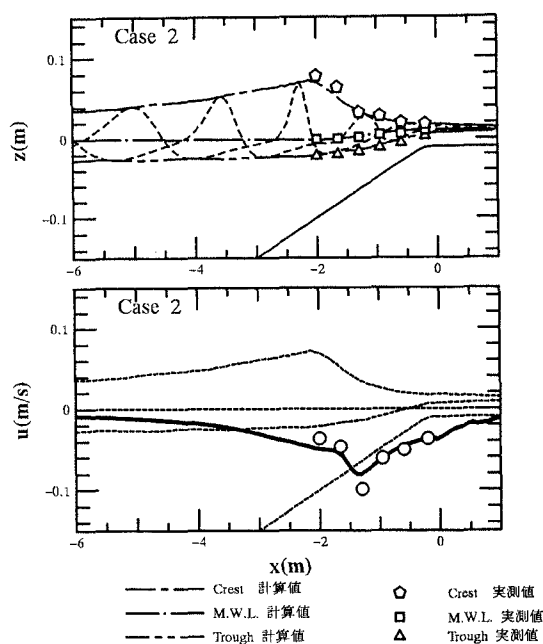
ここに M_p は渡辺らの砕波減衰項、 F はボアによる質量流束を表す量で $F = \alpha \gamma CH$ 、 α は比例定数で約0.1、 γ は砕波点より沖では0、砕波点から岸に近づくにつれ値を増し、砕波点での波長の半分だけ岸に近づいた点からは1をとる x の関数ある。 η は水面変動、 Q は線流量、 h は水深で、 $D = h + \eta$ である。この方程式を岡安ら(1988)の実験のケース2・6と同じ条件で数値計算し、それと実測値を比較したのが<図3>、<図4>である。流れの場・波の場共に実測値とほぼ一致した計算結果が得られた。



< 図 1 > 佐藤らによる戻り流れの評価

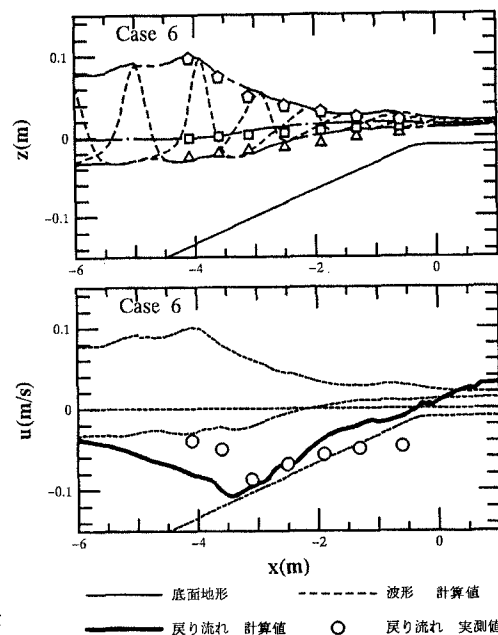


< 図 2 > 本研究による戻り流れの評価



< 図 3 > 計算結果と実測結果との比較

$$H_i = 5.63(\text{cm}) \quad T = 2.00(\text{s})$$



< 図 4 > 計算結果と実測結果との比較

$$H_i = 8.80(\text{cm}) \quad T = 1.61(\text{s})$$

- 参考文献：1) Okayasu, A., T. Shibayama, and K. Horikawa (1988): Vertical variation of undertow in the surf zone, Proc. 21st ICCE, pp478-491.
- 2) Sato, S, M. Fukuhama and K. Horikawa (1988): Measurements of near-bottom velocities in random waves on a constant slope, Coastal Eng. in Japan, Vol.31, No2, pp219-229.
- 3) Watanabe, A., K. Shiba and M. Isobe (1994): A numerical model of beach change due to sheet-flow, Proc. 24th ICCE, pp.2785-2798.