

東北大学工学部 学生員 ○河西義人
東北大学工学部 正 員 真野 明

1. はじめに

砕波帯における波の変形の研究は従来から多くの研究者によって行われてきたが、砕波帯の乱れの性質が複雑であるためにその解析とモデル化は非常に困難であった。しかし、波高やエネルギーの変化を評価する場合にはエネルギー方程式を使いたいくつかのモデルが提案され、砕波帯内の数値シミュレーションに使われている。本研究では質量輸送、平均水面の変化を考慮した連続、運動量輸送、エネルギー輸送の各方程式を連立して、同一条件下で各砕波モデルを計算し、その特性を明らかにする。

2. 基礎方程式

本研究では Phillips(1966) が導いた次の方程式を用いた。

連続の式：
$$\frac{\partial \bar{M}_x}{\partial x} = 0$$

質量輸送方程式：
$$\frac{\partial}{\partial x} S_{xx} = -\rho g(h + \bar{\zeta}) \frac{\partial \bar{\zeta}}{\partial x}$$

エネルギー輸送方程式：
$$\frac{\partial}{\partial x} \left\{ E \left(c_g + \frac{5}{2} U_x \right) \right\} = -f_D E$$

ここで、 x : 砕波点から岸方向にとった距離、 $\bar{M}_x$: 質量輸送、 S_{xx} : Radiation stress、 h : 静水深、 $\bar{\zeta}$: 平均水面の変化、 E : 波動エネルギー、 c_g : 波の群速度、 U_x : 戻り流れの流速である。

f_D は砕波減衰係数といい、各モデルによりいろいろな考え方で定式化されている。ここでは主要な3つのモデルの特徴を示す。

	モデル	仮定	平均水面	戻り流れ
水口 モデル	渦粘性係数	波高水深比 一定	×	×
泉宮 モデル	レイノルズ 応力	レイノルズ応 力の相似分布	○	×
間瀬 モデル	bore (段波)	砕波帯内を3 領域に分ける	○	×

3. 各モデルの計算

質量輸送、平均水面の変化を考慮して、上述の各方程式、及び各モデルの f_D を用い Runge-Kutta 法により解いた。砕波帯内の実験値は主に波高の形で整理される事が多いため、波高 H 、 E 、 S_{xx} の間の関係は、微小振幅長波の進行波の関係を使って換算した。また、砕波条件は合田(1970)の砕波指標によって定めた。

4. 結果と考察

以上の条件で計算した結果が図1～4である。ここでは比較を容易にするために、砕波点での値（添字Bで表している）で無次元化している。また、従来の研究による実験の結果を比較のためにのせた。

図1、図2から、実験値は $x/x_B > 0.3$ の領域 (inner region) で波高水深比 $H/(h + \bar{\zeta})$ がほぼ一定になっており、実験値を取り込んでいる泉宮と間瀬のモデルでは、この領域の波高変化は実験値と良い一致を示している。水口のモデルはこれらの傾向から離れており、波高変化も実験値との差が大きい。一方、 $x/x_B < 0.3$ の砕波点付近 (outer region) では、泉宮、間瀬モデルとも実験値から離れている。

図3では、間瀬モデルについて平均水面変化、質量輸送を考慮した場合と考慮しなかった場合の計算値を比較している。考慮しない計算では汀線で波高が零に近づき、実験値と一致しなくなる。

平均水面の変化を比較した図4から、実験では碎波点付近で平均水面が一定となる領域が存在するのに対し、いずれの計算値にもそのような領域が見られない。

5. おわりに

以上から、泉宮と間瀬のモデルは異なった力学的な機構に基づくものであるが、結果は近く、碎波点から離れた領域 (inner region) では、実験値ともよく一致する事がわかった。また、平均水面変化、質量輸送を考慮した影響は特に汀線付近で現れることもわかった。

波高の変化に関して、全体的にはいずれのモデルも実験結果と整合しているように見えるが、細かく見ると平均水面の変化や各量の換算など問題点が残されており、今後これらの点を改良していきたい。

参考文献 水口ら(1978):碎波後の波高変化についての一考察, 第25回海岸工学講演会論文集. 泉宮ら(1983): 碎波帯内における波のエネルギー方程式のモデリング, 第30回海岸工学講演会論文集. 間瀬ら(1986): 不規則波の浅水・碎波変形計算モデルに関する研究, 土木学会論文集, vol. 375. 合田(1970): 碎波指標の整理について, 土木学会論文集, vol. 180. 佐伯ら(1973): 碎波後の波の変形に関する研究(1), 第20回海岸工学講演会論文集. 佐々木ら(1974): 碎波後の波の変形に関する研究(2), 第21回海岸工学講演会論文集. J.B.Hansen and I.A.Svendsen(1979): Regular waves in shoaling water, experimental data, Inst. Hydroryn. Hydr. Eng., Series Paper 21.

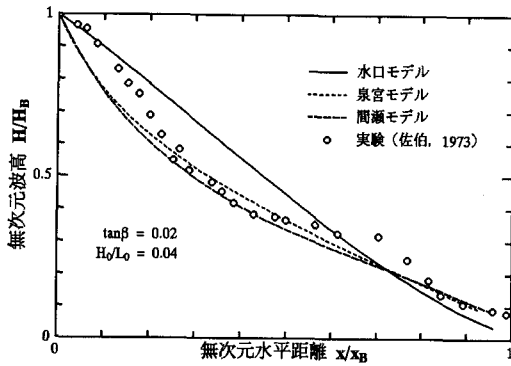


図1 各モデルの波高の変化

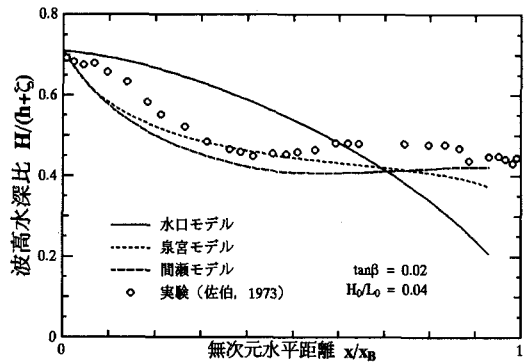


図2 各モデルの波高水深比の変化

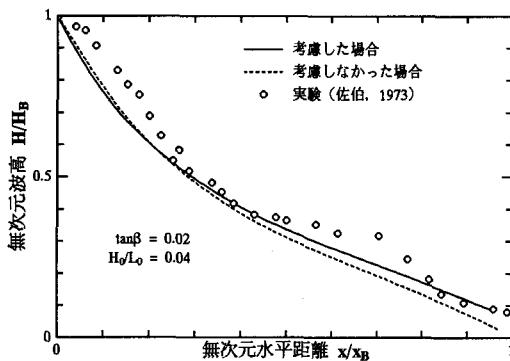


図3 計算方法による波高変化の違い(間瀬モデル)

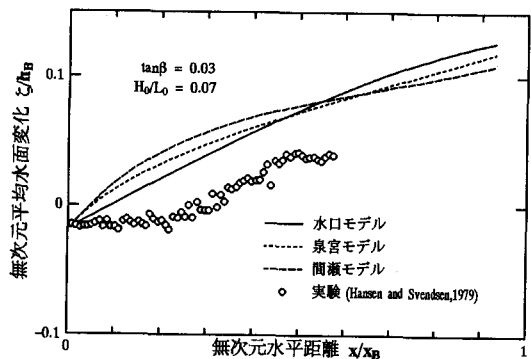


図4 各モデルの平均水面の変化