

部分重複波の5次近似解の適用範囲に関する研究

名古屋大学工学部 正 岩田好一朗

名古屋大学大学院 学 富田 孝史

名古屋大学大学院 学〇宮田 徹信

1. はじめに：沿岸海域の保全、および、その有効利用を考えるうえで、波浪制御が重要な問題となるのは言うまでもない。近年、沿岸海域の利用が高密化してきたのに伴って、低反射性の波浪制御構造物が次々と構築されている。低反射性構造物の前面海域は来襲波と構造物からの反射波が共存する部分重複波の波浪場となる。しかし、部分重複波に関する研究はきわめて少なく、その基本的な特性さえも十分解明されていない。そこで、本研究は、部分重複波の5次近似解を解析的に誘導し、水理実験によって理論の必要性和妥当性を明らかにするとともに、理論の適用限界について検討するものであり、ここにその一部を報告する。

2. 部分重複波の5次近似解の適用限界：近似解は、静水面まわりにTaylor級数を使用して近似的に表現した運動学的と力学的自由表面境界条件を使用して誘導されているので、自由表面境界条件を近似的にしか満足しない。そこで、近似解を2つの厳密な自由表面境界条件式に代入したときに生じる誤差 γ_1 と γ_2 によって近似解の適用範囲を検討する。

$$\gamma_1 = (\eta_t + \phi_x \eta_x - \phi_z) / C_0 \quad : \quad z = \eta$$

$$\gamma_2 = \left\{ \phi_t + \frac{1}{2}(\phi_x^2 + \phi_z^2) + g\eta - R \right\} / gH \quad : \quad z = \eta$$

ここで、 ϕ は速度ポテンシャル、 η は水位変動、 H は波高、 R はBernoulli定数、 g は重力加速度、 x は反射源を基準とした入射波の進行する向きの水平軸、 z は水面を基準に上向きの鉛直軸、 t は時間である。また、 $C_0 = \sqrt{g \tanh(kh) / k}$ 、 k は波数、 h は静水深である。近似解の適用限界を決定する基準を、 γ_1 と γ_2 の時間変動のrms値が0.02以下に設定し、この規準を満足する最小オーダーの近似解を求めた。規準値の0.02は、深海域の進行波の場合($\lambda=0$)において1次近似解の適用限界が、波峰に対する微小振幅波の適用限界といわれる $\Pi=0.03$ (Π は台田の非線形パラメーター¹⁾)に概ね一致するように予備計算から決められた値である。近似解の適用限界の決定に際して、まず、運動学的および力学的自由表面境界条件に対するそれぞれの適用限界を求め、つぎに、2つの適用限界を重ね合わせることによって2つの自由表面境界条件を同時に満足する近似解の適用限界を求めた。それらをFig. 1, 2に示す。なお、 $0 < \lambda < 1$ (λ は1次の反射率)の範囲では、高次の周波数変動によって入射波と反射波の周期が若干異なる場合があるので、誤差を計算する時間を入射波と反射波の周期の最小公倍数から求めた。ただし、入射波と反射波の周期の差が入射波周期の2%以下の場合には、その差を無視して、入射波周期の一周期分を計算時間とした。ただし、理論の適用限界を正確に表現する判定規準は、数多くの水理実験結果との対応から決められるべきであり、その詳細は今後の課題として残される。

Fig. 1は、腹の位置($x/L=0$; L は波長)における、 $\lambda=0.4$ と 0.8 の場合の近似解の適用限界を示したものであり、横軸は h/gT_1^2 (T_1 は入射波周期)、縦軸は H/gT_1^2 である。図中の例えば③の領域は、規準値2%を2次近似解では満足しないが、3次近似解を使用すれば満足するような領域である。図には、岩田・清野の碎波限界²⁾ならびに $\Pi=0.03, 0.10, 0.35$ の線も併記してある。ここで、 $\Pi=0.10$ と 0.35 はそれぞれ波速や波長に対する進行波の微小振幅波の適用限界とストークス理論の適用限界である。^{3,4)} また、Fig. 2は節の位置($x/L=-1/4$)における同様な図である。腹の位置では(Fig. 1参照) λ が 0.4 よりも 0.8 の場合の方が各近似解の適用限界が H/gT_1^2 の小さい方に移動しており、 λ が大きな値になるほど小さな H/gT_1^2 においてさえも高次近似解が必要となることが認められている。また、図には示していないが、同じ入射波条件では λ が大きくなるほどより高次の近似解を必要とする傾向にあることが認められた。節の位置でも(Fig. 2参照)同様に λ が大きくな

るほど高次近似解を必要とする領域が増えている。さらに、腹の位置の適用限界に比べて、 λ が大きくなるほど2次や4次の偶数次の近似解の適用範囲が広がっている。なお、図には示していないが、腹と節の中間の位置でも、同様に λ が大きな場合には高次近似解を必要とする領域が増える。

3. おわりに：本論は、部分重複波の5次近似解までの適用範囲を自由表面境界条件の満足度から求め、高次近似解の必要性を示唆するとともに、その適用範囲の特性について若干の検討を加えたものである。今後は更に、部分重複波の5次近似解と実験値を比較検討することによって、実験と理論の両面から部分重複波理論の適用範囲を検討し、さらに水位の時間変動や底面の流速分布などの部分重複波の内部特性について議論を進めていく所存である。

<参考文献>

*合田良実：波浪の非線型性とその記述パラメーター，第30回海岸工学講演会論文集，pp39-43，1983.

**岩田好一朗、清野博：部分重複波に碎波限界に関する実験的研究，第30回海岸工学講演会論文集，pp1-4，1983.

***岩垣雄一：最新海岸工学，森北出版，pp250，1987.

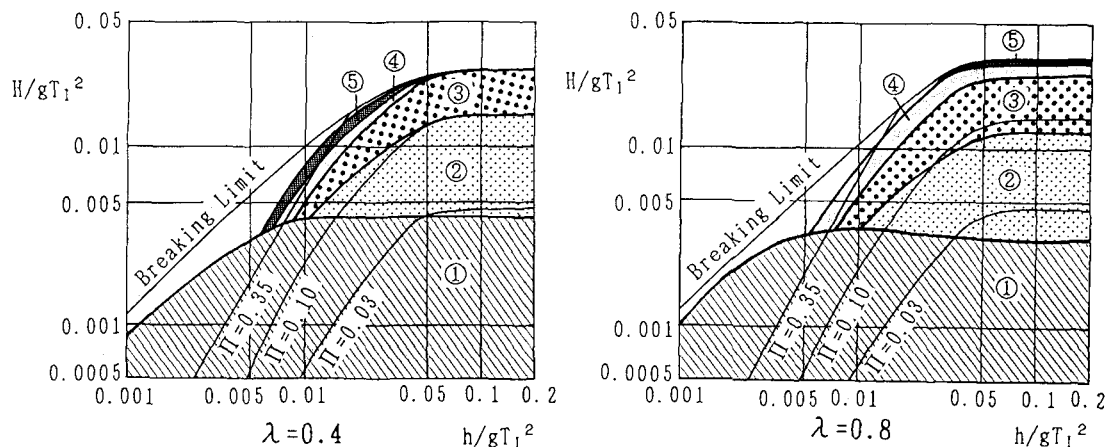


Fig.1 腹の位置における近似解の適用範囲

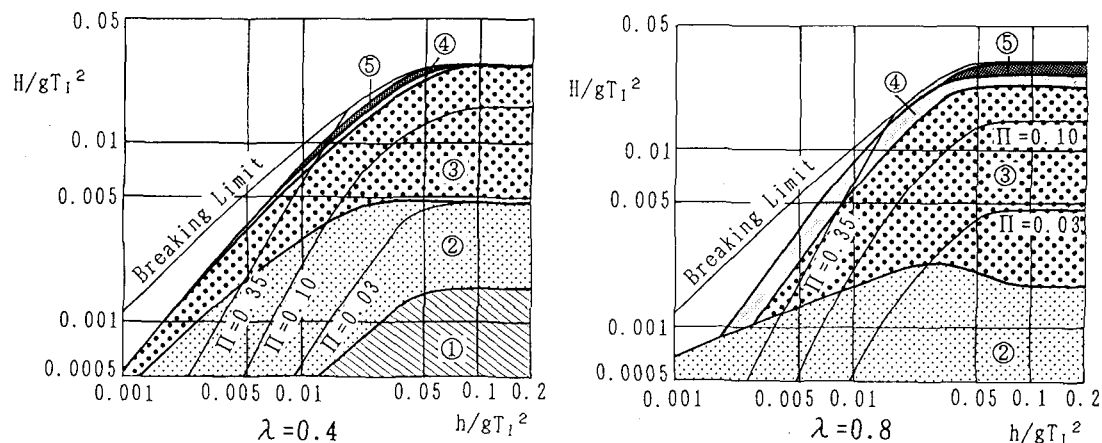


Fig.2 節の位置における近似解の適用範囲