

II-454

部分重複波の平均水位の空間変動

名古屋大学工学部 正会員 岩田好一朗

名古屋大学大学院 学生員○富田孝史, 竹下伸治

1. はじめに

近年, 潜堤や人工リーフなどに代表されるような反射率が1以下の構造物が碎波帯以深にも建設されるようになってきている. この構造物の前面海域は部分重複波の波浪場となる. 従来の研究によって, 重複波の腹の位置においてwave set upが起り, 節の位置ではwave set downが生じることが知られており, 部分重複波の波浪場においても, 同様の現象が生じることが十分予測されることである. しかし, 部分重複波の平均水位の空間的変動に関してはこれまであまり論議されてきていない. 本論では, 水理実験と理論解析から部分重複波の平均水位の空間的変動について検討を加えることとする.

2. 水理実験

実験は, 名古屋大学工学部の一端にフラップ式造波装置, 他端に消波装置を有する鋼製2次元水槽(長さ25, 幅0.7, 高さ0.95m)で行われた. 水深 h を40cmに固定した. 発生波は, 周期 T を3種類($h/gT^2=0.009, 0.016, 0.024$), 波高 H を $0.04 < H/h < 0.25$ の範囲で2~5種類変化させた合計10種類である. 反射率 λ は反射体($\lambda=0.3, 0.5, 1$)を水槽内に設置する実験と水槽の消波装置のみの実験の合計4種類である. 水位変動の計測を, 反射体前面から1波長離れた腹と次の腹およびその間の節を含む15地点で容量式水位計で行った. 実験データの解析を, 反射体からの反射波が到達した後から造波板からの反射波が到達するまでの2~5波を対象に行った.

3. 理論解析

部分重複波の3次近似解が, Goda・Abe¹⁾や著者ら²⁾によって摂動法を使用して誘導されている. それらによると平均水位の空間的変動 $\bar{\eta}$ は2次と3次近似解の範囲において次式で表現される.

$$k\bar{\eta} = (ak)^2 \lambda \coth(2kh) \cos(2kx) \quad (1)$$

ここに, k は波数, a と λ は1次近似解における入射波の振幅と反射率, h は静水深, x は腹を原点とした入射波の進行方向である. 上式は, $\lambda=1$ のときにTadjbakhsh・Kellerの重複波の解における平均水位の項に一致する.

一方, ラディエーション・ストレスからも上式を導くことができる. 1次近似解を使用して, 部分重複波のラディエーション・ストレス S_{xx} を計算すると, 以下のように S_{xx} は求められる.

$$S_{xx} = \frac{1}{2} \rho g a^2 (1 + \lambda^2) \left\{ \frac{1}{2} + \frac{2kh}{\sinh(2kh)} \right\} - \rho g a^2 \lambda k h \coth(2kh) \cos(2kx) \quad (2)$$

ここに, ρ :水の密度, g :重力加速度である. 上式を次式に代入し, 若干の計算を行うと式(1)が得られる.

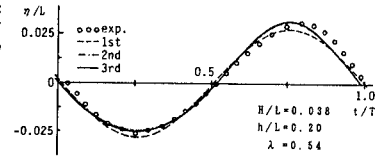
$$dS_{xx}/dx + \rho g(h + \bar{\eta})d\bar{\eta}/dx = 0 \quad (3)$$

さて, 実験データに対応する解析結果を得るために, 式(1)中の k を実験において計測した波長から算出し, a と λ を腹と節における実験波高と計算波高が等しくなるように繰り返し計算によって定めた.

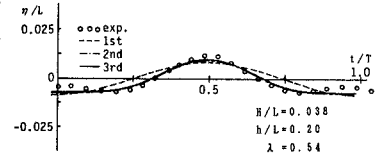
4. 結果および考察

まず, 入射波の波形勾配 H/L , 相対水深 h/L および反射率 λ がそれぞれ0.038, 0.20, 0.54の部分重複波の腹と節における平均水位を除いた水位の時間波形を図-1に示す. 図中, ○印は実験波形, 破線, 一点鎖線および実線は1次, 2次および3次近似解²⁾を示している. なお, 2次近似までの範囲ではGoda・Abeの解と著者らの解は一致している. また, 図中の L は波長を示している. 同図より, 腹と節における水位の時間波形は, 2次近似解によってよく表現されていることが認められる.

次に、図-2に図-1と同じ入射波条件の実験ケースの平均水位の空間変動を、図-3に図-2と同程度の入射波のアーセル数 HL^2/h^3 であるが波形勾配の小さい($H/L=0.018$, $h/L=0.15$)実験ケースのものを示す。図-2(a), (b)および(c)は、それぞれ $\lambda=0.99$, 0.54 および 0.30 , 図-3(a), (b)および(c)は、 $\lambda=0.90$, 0.84 および 0.30 である。図中、○印は実験値、実線は式(1)に基づく計算値を示している。平均水位は、重複波の場合と同様に、部分重複波の腹において上昇し、節では下降する傾向にあり、静水面からのその変位量は反射率の減少とともに小さくなること図-2と3から認められる。波形勾配が小さい図-3では、反射率によらず計算値は実験値をよく再現している。波形勾配が大きな図-2でも、反射率の小さい(c)においては計算値と実験値はよく一致する。しかし、反射率が0.5以上の図-2(a)と(b)では、節のwave set downにおいて計算値は実験値よりも小さい。これは、佐伯³⁾の一樣傾斜面上の重複波の実験結果と計算値の比較から得られた、アーセル数が増大する程、節のwave set downが計算値と実験値で合わなくなるとい結果と逆の傾向を示している。これに関しては今後検討が必要である。

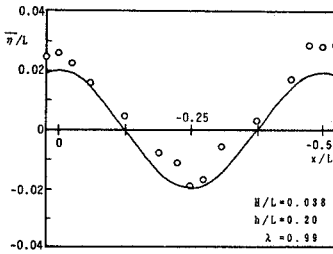


(a) 腹の位置

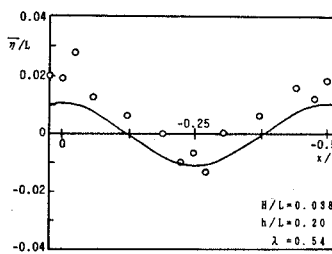


(b) 節の位置

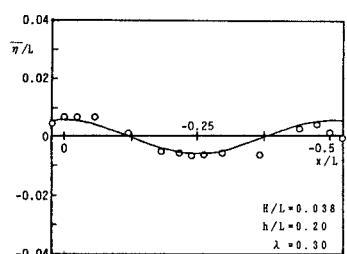
図-1 水位の時間波形



(a) $\lambda=0.99$

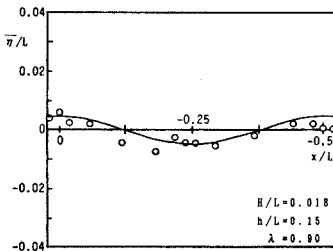


(b) $\lambda=0.54$

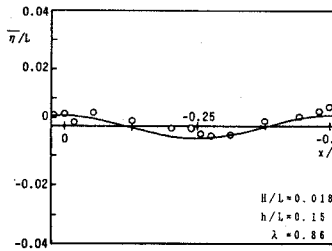


(c) $\lambda=0.30$

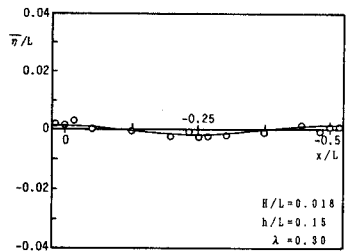
図-2 平均水位の空間波形($H/L=0.038$, $h/L=0.20$)



(a) $\lambda=0.90$



(b) $\lambda=0.86$



(c) $\lambda=0.30$

図-3 平均水位の空間波形($H/L=0.018$, $h/L=0.15$)

5. おわりに：

以上、水理実験結果と解析解に基づく計算結果の比較から、波形勾配が小さくかつ反射率が小さいものほど、計算値は実験値をよく表すことが示された。今後さらに、部分重複波の平均流の空間的な特性と平均水位の空間的な変動との関係などについても検討を加えていく所存である。

参考文献：1)Goda・Abe:Apparent Coefficient of Partial Reflection of Finite Amplitude Waves, Rep. Port and Harbour Res. Inst., Vol.7, No.3, 1968. 2)岩田・富田:部分重複波の流速場の特性に関する研究, 海洋開発論文集, Vol.7, 1991(投稿中). 3)佐伯:海岸構造物近傍の波の変形, 水工シリーズ81-B-4, 1981.