

1. まえがき 入射波のスペクトル特性と波の打上げ分布について, Saville (1962), 首藤 (1965), Battjes (1971), 榎木・田端 (1973) および土屋・芝野 (1974) らは, 『不規則波の各成分波の打上げ高は各成分波を規則波群の中の一波と考えた場合のいわゆる規則波の打上げ高と近似的に一致する』という仮定のどとに, 興味ある研究成果を発表している。この手法には, 2, 3の問題点のあることが指摘されているが, 規則波の打上げ高と不規則波の各成分波の打上げ高の統計的な関連を調べることは, 不規則波の打上げ高の特性を明らかにする上で非常に重要な手法と考えられる。また, この推算法は従来の規則波の研究成果を活用できるので実用的にと優れた近似法と考えられる。しかし, これまでの研究で明らかになっているのは主として斜面上で碎波する場合についてであり, 碎波, 非碎波の混合する不規則波の打上げ特性についてはまだ十分検討されていないようである。そこで, 本研究では, 鉛直壁における不規則波の打上げ高 R が, 堤脚水深 h , 海底勾配 $\tan \alpha$, 有義波波形勾配 $(H_{1/3})_0 / (L_{1/3})_0$ によってどのような分布をするかを明らかにするため, Saville および首藤の推算法を用いて, 有義波の波高 $(H_{1/3})_0$, 波長 $(L_{1/3})_0$ および $(H_{1/3})_0 / (L_{1/3})_0$ を基準量とした, $R / (H_{1/3})_0$ の推算図を作成したので, ここに報告したい。なお今回の報告は, $\tan \alpha = 1/10$ における汀線より海側にある鉛直壁を対象としている。

2. 波の分布関数 深水波の分布関数に, Bretschneider (1959) の分布式を用いることにすれば, 超過発生確率 $P(\zeta, \xi)$ は式(1)で示される。

$$P(\zeta, \xi) = \exp\left(-\frac{\pi}{4} \alpha^2 \zeta^2\right) \exp(-0.675 \beta^2 \xi^4), \quad (1)$$

ここに, $\zeta = H_0 / (H_{1/3})_0$, $\xi = T / T_{1/3} = \{L_0 / (L_{1/3})_0\}^{1/2}$, $\alpha = (H_{1/3})_0 / \bar{H}_0$, $\beta = T_{1/3} / \bar{T}$, $\bar{H}$ および $\bar{T}$: 平均波高および周期, H , T および L_0 : 各成分波の波高, 周期および波長である。

いま, 深水波の碎波限界に, Michell (1893) および Miche (1944) の条件式を用いれば, $H_0 / L_0 = 0.142$ が進行波の最大の波形勾配として, ζ および ξ の存在し得る範囲は, $(\zeta / \xi^2) \{ (H_{1/3})_0 / (L_{1/3})_0 \} \leq 0.142$ である。

3. 堤脚水深 h の分類 これまでの研究によれば, 鉛直壁における最大打上げ高は, 限界波高を微小振幅理論の浅海係数で換算した場合の仮想碎波水深 h_R (実際の碎波水深より小さい) に近似的に等しいので, この h_R を境に $h \geq h_R$ と $h = 0 \sim h_R$ の2領域に分けて考える。 h_R は近似的に次式で求めることができる。

$$\frac{(H_{1/3})_0}{(L_{1/3})_0} = (0.6 \tan \alpha + 0.12) \left(\frac{\sinh 4\pi \frac{h_R}{L_R} + 4\pi \frac{h_R}{L_R}}{\sinh 4\pi \frac{h_R}{L_R}} \right)^{1/2} \left(\tanh 2\pi \frac{h_R}{L_R} \right)^{5/2} \frac{\xi^2}{\zeta}, \quad (2)$$

ここに,

$$\frac{h_R}{(L_{1/3})_0} = \xi^2 \frac{h_R}{L_R} \tanh 2\pi \frac{h_R}{L_R}, \quad \text{ただし, } \frac{\zeta}{\xi^2} \frac{(H_{1/3})_0}{(L_{1/3})_0} \leq 0.142, \quad (3)$$

式(2)に $(H_{1/3})_0 / (L_{1/3})_0$, ζ および ξ の値を代入すれば, h_R / L_R が計算され, その h_R / L_R の値と式(2)に代入した ξ の値を式(3)に代入すれば, $h_R / (L_{1/3})_0$ が計算される。

4. 各成分波の打上げ高 $R / (H_{1/3})_0$ の推算式 各成分波の打上げ高が成分波を規則波と仮定した場合の波の打上げ高と近似的に一致するとして解析した Saville および首藤の手法を用いれば, 規則波の打上げ高の推算式に ζ および ξ を組み入れることによって, $R / (H_{1/3})_0$ の推算式を提案することができる。

(1) $h/(L/3)_0 \geq h_R/(L/3)_0$ の領域

$$\frac{R}{(H/3)_0} = \gamma \left(1 + \frac{\pi}{4} \frac{\gamma}{\xi^2} \frac{(H/3)_0}{(L/3)_0} \left(\frac{\sinh 4\pi \frac{h}{L}}{\sinh 4\pi \frac{h}{L} + 4\pi \frac{h}{L}} \right)^{1/2} \left(\coth 2\pi \frac{h}{L} \right)^{3/2} \right. \\ \left. \times (3 \coth^3 2\pi \frac{h}{L} + \tanh 2\pi \frac{h}{L}) \left(\frac{\sinh 4\pi \frac{h}{L} \coth 2\pi \frac{h}{L}}{\sinh 4\pi \frac{h}{L} + 4\pi \frac{h}{L}} \right)^{1/2} \right), \quad (4)$$

ここに, $\frac{h}{(L/3)_0} = \xi^2 \frac{h}{L} \tanh 2\pi \frac{h}{L}$, 　ただし, $\frac{\gamma}{\xi^2} \frac{(H/3)_0}{(L/3)_0} \leq 0.142$, 　(5)

(2) $h/(L/3)_0 < h_R/(L/3)_0$ の領域

$$\frac{R}{(H/3)_0} = \left\{ \frac{R_{\max}}{(H/3)_0} - \frac{R_0}{(H/3)_0} \right\} \frac{h/(L/3)_0}{h_R/(L/3)_0} + \frac{R_0}{(H/3)_0}, \quad (6)$$

ここに,

$R_{\max}/(H/3)_0$: 式(2),(3)から求まる h_R/L_R を式(4)に $h/L = h_R/L_R$ とおいて計算される最大打上げ高, $R_0/(H/3)_0$: $h=0$ における波の打上げ高, である。

$\tan \alpha = 1/10$ の鉛直壁の $R_0/(H/3)_0$ は, これまでの実験より, 近似的に式(7)で与えられる。

$$\frac{R}{(H/3)_0} = 0.18 \gamma^{1/2} \xi \left\{ \frac{(H/3)_0}{(L/3)_0} \right\}^{-1/2}, \quad (7)$$

ただし, $0.00079 \leq \frac{\gamma}{\xi^2} \frac{(H/3)_0}{(L/3)_0} \leq 0.142$,

5. 計算結果とその考察 　今回の報告では, 波の統計資料の結果を参考にして, 近似的に $\alpha = 1.60$, $\xi = \beta = 1.0$ と仮定して, $(H/3)_0/(L/3)_0$, $h/(L/3)_0$ および γ を種々変化させて, $R/(H/3)_0$ を計算する。計算結果の一例が図-1, 2に示される。図-1より, $h/(L/3)_0 = \text{const.}$ のとき, $(H/3)_0/(L/3)_0$ が $h/(L/3)_0$ の碎波波形勾配 $\{(H/3)_0/(L/3)_0\} R$ より大きい場合は $\gamma < 1$ において R が最大になる。図-2より $(H/3)_0/(L/3)_0 = \text{const.}$ のとき, $h/(L/3)_0$ が $(H/3)_0/(L/3)_0$ の仮想碎波水深 $(h/3)_R/(L/3)_0$ より小さいと, $\gamma < 1$ において R が最大になる。

これらの推算図は, 現象的には当然の結果であるが, 不規則波の打上げ高の推定に実用し得ると考えられる。

6. あとがき 　海底勾配, のり勾配および周期の不規則性の影響とこの推定法に組み入れて, 広範囲の不規則波の打上げ高の推算図を作成することは実用的にと意義があると考えられる。しかし, 周期と波高の相関が波の打上げ高の出現頻度に関連すること (Battjes (1971)), また, サーフビートによって波の打上げ高が推算値より大きくなる場合とあること (合田 (1974)) などの問題点が残されている。

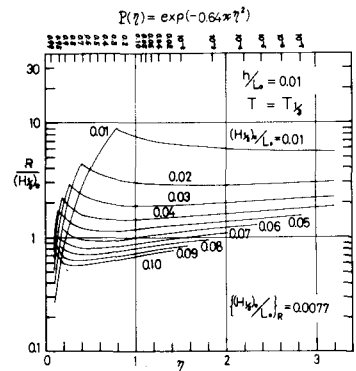


図-1 $h/(L/3)_0 = 0.01$ の $R/(H/3)_0$ の推算図

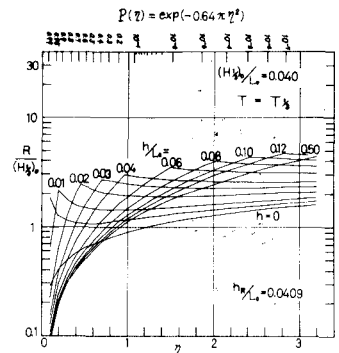


図-2 $(H/3)_0/(L/3)_0 = 0.04$ の $R/(H/3)_0$ の推算図