

中部工業大学 土木工学科 正会員 高田 彰

1. ま え が き

この研究は波の打上げ高の定式化を試み、その成果を越波量の定式化に應用することを目的としている。今回の報告は、汀線より海側の鉛直壁（海底勾配 $1/10$ ）における、波の打上げ高の算定式を提案したものである。

2. 研究 方 法

これまでの実験結果（海底勾配 $1/10 \sim 1/20$ ）によれば、波の実質部分（連続体と考えられる）の打上げ高 R の最大になる堤脚水深は、Miche (1944) の碎波限界の式は次の式(1)で示される。

$$\left(\frac{H_b}{L_b}\right)_p = 0.142 \tanh 2\pi \left(\frac{h_b}{L_b}\right)_p \quad (1)$$

ここに、 $(H_b)_p$ 、 $(L_b)_p$ および $(h_b)_p$ は、それぞれ、進行波の碎波点における波高、波長および水深、である。

図-1 の実線は、式(1)の計算結果と微小振幅波理論より、深水波の波形勾配 H'_0/L_0 と比水深 $(h_b)_p/L_0$ との関係に書き換えたものである。

しかし、碎波後の波（進行波型石砕波）が鉛直壁に衝突すると、多量の飛沫を生じる。著者の実験（海底勾配 $1/10$ ）によれば、飛沫の打上げ高 R' が最大になるときの堤脚水深 $h_{R'_{max}}$ は、近似的に式(2)で示される。

$$H'_0/L_0 = 0.21 \tanh(2\pi h_{R'_{max}}/L_0) \quad (2)$$

図-1 の点線は、式(2)の計算結果を示すが、所定の H'_0/L_0 において最大波力を与える堤脚水深にはほぼ等しい。そこで、この研究は、堤脚水深 h を、図-1 に示すように、三つの領域 $[h > (h_b)_p, h = h_{R'_{max}} \sim (h_b)_p, \text{ および } h = 0 \sim h_{R'_{max}}]$ に分類して、波の打上げ高の算定式を検討することにした。

3. 鉛直壁における波の打上げ高の算定式

3.1 $h > (h_b)_p$ の領域の波の打上げ高 (R/H'_0)

この領域の波の打上げ高は、重複波の波頂高にはほぼ等しい。これまでの実験（海底勾配 $1/10 \sim 1/400$ ）によれば、有限振幅重複波理論の第2次近似式が実験値に適合あるいはやや過大な値を与える。第2次近似式の波頂高は次の式(3)で表わされる。

$$\frac{R}{H'_0} = \left\{ 1 + \frac{\pi}{4} \frac{H}{L} \left(3 \coth^3 2\pi \frac{h}{L} + \tanh 2\pi \frac{h}{L} \right) \right\} \frac{H/L}{H'_0/L_0} \frac{h/L_0}{h/L} \quad (3)$$

ここに、 H'_0 ：換算深水波高、 R ：静水位上の波の打上げ高、 L ：深水波長、 H および L ：堤脚水深 h における波高および波長、である。

3.2 $h = 0 \sim (h_b)_p$ の領域の波の打上げ高 $(R/H'_0 \text{ および } R'/H'_0)$

(1) 波の実質部分の打上げ高 (R/H'_0) ：これまでの実験結果（海底勾配 $1/10 \sim 1/30$ ）によれば、近似的に $R \propto h$ である。そこで、汀線 ($h = 0$) における鉛直壁の打上げ高 R_0/H'_0 と $h = (h_b)_p$ にお

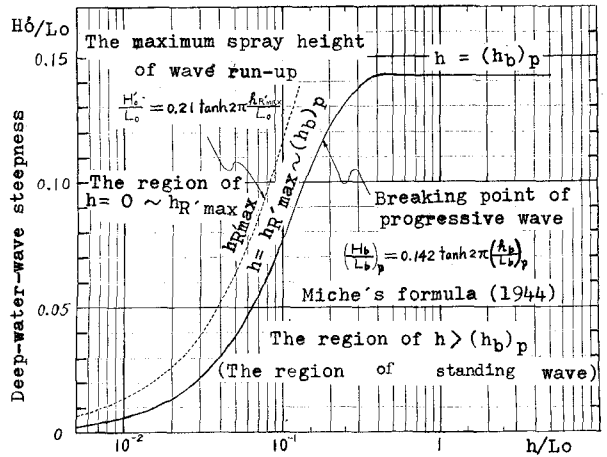


図-1. 波の打上げ高 算定式用の堤脚水深の分類

波の打上げ高 $(R_b)_p/H'_0$ を与えることによって、 $h=0 \sim (h_b)_p$ の領域の R/H'_0 は近似的に式(4)で示される。

$$\frac{R}{H'_0} = \left\{ \frac{(R_b)_p}{H'_0} - \frac{R_0}{H'_0} \right\} \frac{h}{(h_b)_p} + \frac{R_0}{H'_0}, \quad (4)$$

ここに、 $(R_b)_p/H'_0$ は、式(3)に $h=(h_b)_p$ を代入して求られ、次の式(5)で示される。

$$\frac{(R_b)_p}{H'_0} = \left[1 + \frac{\pi}{4} \left(\frac{H_b}{L_b} \right)_p \left\{ 3 \coth^3 2\pi \left(\frac{h_b}{L_b} \right)_p + \tanh 2\pi \left(\frac{h_b}{L_b} \right)_p \right\} \right] \frac{(H_b/L_b)_p (h_b/L_b)_p}{H'_0/L_0 (h_b/L_b)_p}, \quad (5)$$

R_0/H'_0 は、これまでの実験結果(海底勾配 $1/10$)より、近似的に次の式(6)で表わされる。

$$\frac{R_0}{H'_0} = 0.18 \left(\frac{H'_0}{L_0} \right)^{-1/2}, \quad (6)$$

(2) 飛沫の打上げ高、 (R'/H'_0)

i) $h = h_{R'_{\max}} \sim (h_b)_p$ の領域：これまでの実験(海底勾配 $1/10$)によれば、この領域ではかなりの飛沫および跳波を生じ、その飛沫の打上げ高 R' の推定に式(3)と近似的に用いることができることがわかった。すなわち、 R'/H'_0 は次の式(3)'で示される。

$$\frac{R'}{H'_0} = \left\{ 1 + \frac{\pi}{4} \frac{H}{L} \left(3 \coth^3 2\pi \frac{h}{L} + \tanh 2\pi \frac{h}{L} \right) \right\} \frac{H/L}{H'_0/L_0} \frac{h/L_0}{h/L}, \quad (3)'$$

ii) $h = 0 \sim h_{R'_{\max}}$ の領域：これまでの実験(海底勾配 $1/10$)によれば、この領域の飛沫の打上げ高は $R' \propto h^2$ であることが近似的に認められた。そこで $h=0$ における R'_0/H'_0 および $h = h_{R'_{\max}}$ における $R'_{\max}/H'_0$ を与えることによって、次の式(7)で R'/H'_0 を推定できる。

$$\frac{R'}{H'_0} = \left\{ \frac{R'_{\max}}{H'_0} - \frac{R'_0}{H'_0} \right\} \left(\frac{h}{h_{R'_{\max}}} \right)^2 + \frac{R'_0}{H'_0}, \quad (7)$$

ここに、 $R'_{\max}/H'_0$ は、式(3)'に $h = h_{R'_{\max}}$ を代入して求られるが、次の式(8)で示される。

$$\frac{R'_{\max}}{H'_0} = \left[1 + \frac{\pi}{4} \left(\frac{H}{L} \right)_{R'_{\max}} \left\{ 3 \coth^3 2\pi \left(\frac{h}{L} \right)_{R'_{\max}} + \tanh 2\pi \left(\frac{h}{L} \right)_{R'_{\max}} \right\} \right] \frac{(H/L)_{R'_{\max}} h_{R'_{\max}}/L_0}{H'_0/L_0 (h/L)_{R'_{\max}}}, \quad (8)$$

R'_0/H'_0 は、これまでの実験結果(海底勾配 $1/10$)より、近似的に次の式(9)で示される。

$$\frac{R'_0}{H'_0} = 0.22 \left(\frac{H'_0}{L_0} \right)^{-1/2}, \quad (9)$$

4. 波の打上げ高の算定式の適合性

波の打上げ高 R/H'_0 の算定式(3)および(4)、飛沫の打上げ高 R'/H'_0 の算定式(3)'および(7)の計算値と実験値の比較が図-2に示される。実線が R/H'_0 、点線が R'/H'_0 の計算値を表わしている。これより、実験値のばらつきが大きい、一般に、計算値は実験結果をかなりの確に説明していることがわかる。図-2は $H'_0/L_0 = 0.018$ の場合であるが、 $H'_0/L_0 = 0.023, 0.038$ および 0.056 の場合も、ほぼ同様に、かなりよい結果を得ている。なお、図-2の鎖線は豊島ら(1967)の算定式 $[R = 2.5 h$ (ただし、適用範囲 $h = 0.01 L_0 \sim (h_b)_p$)]を示すが、実験値に比較して、一般にやや過小な値を与える。

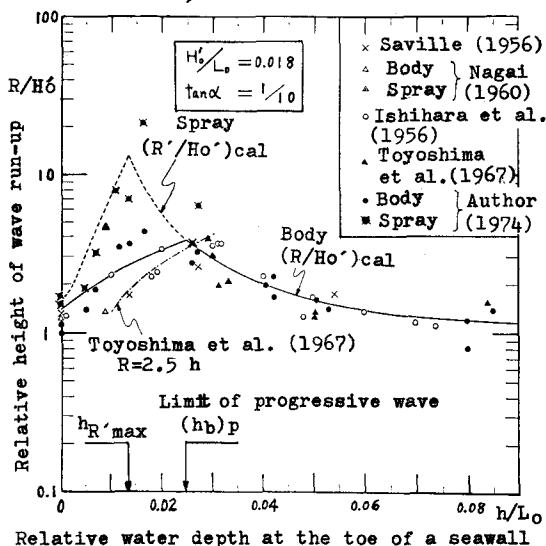


図-2 波の打上げ高の算定式の適合性