

II-281

越波する重複波の時間波形と越波量算定について

日本大学生産工学部 正会員 遠藤 茂 勝
 ハワイ大学大学院 梅山 元彦
 日本大学生産工学部 正会員 落合 実
 日本大学生産工学部 正会員 三浦 晃

1. はじめに

海岸構造物からの越波量の推算については、多くの研究があるが、構造物前の時間水位曲線から越波量を算定した研究としては、吉川、椎貝、河野の研究¹⁾や高田の研究²⁾がある。そして、吉川らの研究では、重複波の越波量に対して直立壁を全幅堰と考えた時の越流の計算が適用できることを示した。また、高田は、同じ考えに基づいた越波量算定式に含まれる越波流量係数について検討している。このように、越波量計算に堰の越流の考えを適用しているが、波が越える時の天端上の水位だけが問題とされ、どのような波の現象によって水位が維持されているかということについては余り考慮されていないように思われる。

重複波の場合、入射波と逆向きの反射波の合成によって波頂位が維持されているので、越波量の計算に当っては、その水位のみならず水分子の運動方向などをも考慮することが重要であると考えられる。

そこで、本論では、反射波の効果を考慮した越波量算定式を示すとともに、実験結果と比較検討した。

2. 越波時の時間波形と越波量算定式

重複波の波頂高の時間波形は、有限振幅重複波理論より近似式として与えられ、第3次近似解をもちいた壁面の時間波形は、次式で示される³⁾。

$$\begin{aligned} \eta(t/T) = & \frac{\varepsilon^2}{8k}(\omega^2 + \omega^{-2}) + \frac{1}{k} \left\{ \varepsilon + \frac{\varepsilon^3}{256}(39\omega^{-8} \right. \\ & + 105\omega^{-4} - 65 + 11\omega^4 + 6\omega^8) \} \cos \sigma t \\ & + \frac{\varepsilon^2}{8k}(3\omega^{-8} - \omega^{-2}) \cos 2\sigma t + \frac{\varepsilon^3}{256k} \\ & \times (27\omega^{-12} - 12\omega^{-8} - 9\omega^{-4} + 2) \cos 3\sigma t \end{aligned} \quad (1)$$

ただし、 $\omega = \tanh kh$

ここで、 $k = 2\pi/L$ 、 $\sigma = 2\pi/T$ 、 h は、水深であり、 L は、重複波の波長で次のように示される³⁾。

$$L = \frac{g}{2\pi} T^2 \tanh kh \left\{ 1 + \frac{\varepsilon^2}{64} \coth^4 kh - 12 \coth^2 kh - 3 - 2 \tanh^2 kh \right\}^2 \quad (2)$$

また、越波によって重複波高が減少する場合でもその減少量を考慮して、無越波時の波高を補正すれば重複波の理論式が適用できるとした土屋・山口⁴⁾の研究に基づく(1)式中の ε は、次のように置ける。

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}(\eta_c - \eta_t) = & \frac{\varepsilon}{k} + \frac{\varepsilon^3}{256k} \times (27\omega^{-12} \\ & + 27\omega^{-8} + 96\omega^{-4} - 63 + 11\omega^4 + 6\omega^8) \end{aligned} \quad (3)$$

ここで、 η_c および η_t は、静水面を基準とした越波時の波頂高および波底高で実験的に次式で示される。

$$\eta_c = 0.65\eta_m + 0.35H_c \quad (4)$$

$$\eta_t = 0.05H_c + 0.73H_i \quad (5)$$

ただし、 $H_c \leq \eta_m$

ここで、 H_c は、直立壁の静水面上の高さで、 H_i は、入射波高、 η_m は、無越波時の重複波の波頂高で実験結果⁵⁾より次式で示される。

$$\frac{\eta_m}{H_i} = 1 + \delta_{\text{exp}}$$

$$\text{ただし、} \delta_{\text{exp}} = (14.83 - 52.81 \frac{h}{L_A}) \frac{H_i}{L_A} \quad (6)$$

式中の δ_{exp} は、有限振幅波の非線形量、 L_A は、微小振幅波の波長である。

また、(4)式の波頂高 η_c は、

$$H_c = \eta_m \quad \text{----- (7)}$$

となる時に最大となり、無越波時の波頂高に一致する。また、その時の波底高 η_c は、

$$\eta_c = \eta_t \quad \text{----- (8)}$$

となり、越波時の値と変わらない。以上のことから越波時の時間波形 $\eta(t/T)$ と無越波時の時間波形 $\eta'(t/T)$ が決まる。

一方、越波に関係する重複波高は、反射波の効果によって変動するもので、越波がなければ完全重複波となる波が、越波するために反射率が低下し波頂高が減少すると考えられる。そこで、波頂高の減少量が越波量に相当すると仮定し、その水位に關して越流の計算を用いると重複波の越波量は、次の式で計算される。

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} k_f B \left[\int_{t_u}^{t_d} \{ \eta(t/T) - H_c \}^{3/2} dt - \int_{t_u'}^{t_d'} \{ \eta'(t/T) - H_c \}^{3/2} dt \right] \quad \text{----- (9)}$$

ここで、 k_f は、越波量係数、 B は、越波幅で、 t_u 、 t_d および t_u' 、 t_d' は、時間波形が

$$\eta(t/T) = H_c \quad \text{又は} \quad \eta'(t/T) = H_c \quad \text{----- (10)}$$

となる時間である。そして(9)式の右辺第2項は、越波しながらも直立壁前面に常に存在する部分重複波の天端より上の越波量を示すが、この量は、越波しないと考えられる量である。

3. 結果および考察

越波時の重複波高を用いて補正した時間波形で計算される直立壁面の波頂高は、実験値に対して約10%程度の差がある場合もあるが、比較的良く一致しているので得られた時間波形を用いて越波量を求めた。そして、越波量係数 k_f についてまとめたものが、次の図-1である。

この結果によれば、天端高が $0.1 < H_c/H_i < 0.9$

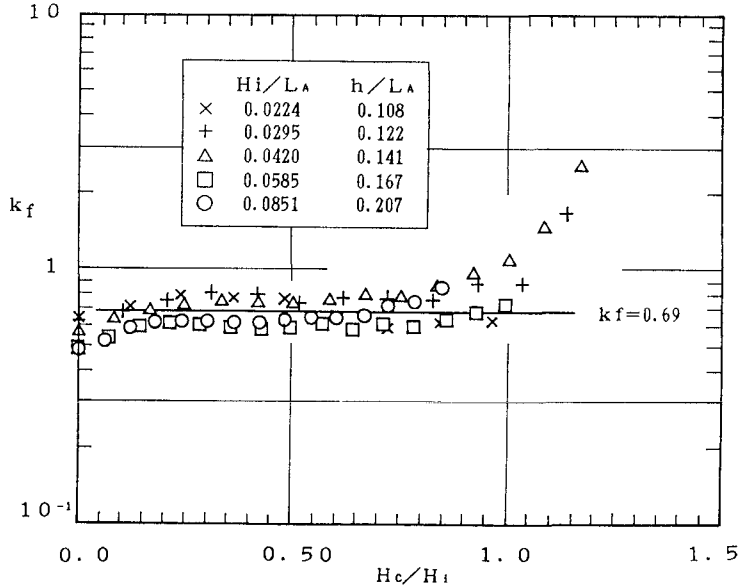


図-1 天端高と越波量係数

の範囲ではほぼ一定値 $k_f=0.69$ となっているが、天端高が $H_c/H_i > 0.9$ の範囲で k_f が急に大きくなっている。これは、基本的には越波量が少ないので誤差が大きくなると考えられるが、この天端の領域では、波の打ち上げ現象が卓越するため越波しないと考えられる波の部分が水位の上昇時に跳波として越波するため波形が異なり、(9)式の考えが成立しないことによるものと思われる。

参考文献

- 1) Kikkawa h., Shiigai H. and Kono T.; Fundamental study of wave overtopping on levees, Coastal Engineering in Japan, Vol. 11, pp107~115, 1968
- 2) 高田 彰; 有限振幅重複波の時間波形と越波量の相関特性、土木学会論文報告集、第201号、1972
- 3) 合田、柿崎; 有限振幅重複波ならびにその波圧に関する研究、運輸省港湾技術研究所報告第5巻第10号、1966
- 4) 土屋、山口; 越波のある場合の重複波の特性について、第17回海講演文集、pp79~84、1970
- 5) 遠藤、落合、三浦; 越波のある場合の重複波の波頂高について、第28回海講演文集、pp320~324、1981