

伝達波の算定法について

大阪市立大学工学部 正員 倉田克彦

まえがき

防波堤背後への伝達波は

(1) 越波水塊の堤内側水面への落下による衝撃力 (Initial Impulse), あるいは
 (2) 越波水塊の堤内側水域への付加による局所的な水面上昇 (Initial Surface Elevation)
 のいずれか、或いはそのいずれもが原因となって生じると考えられ、これらが原因となっ
 て生じる所謂 Cauchy-Poisson 波を重ね合わせた波が、実験により得られた伝達波と同じよう
 な周波数特性を持つことを著者らは示してきた。^{(1),(2)} しかし、それらの検討は定性的な面
 にとどまり、伝達波高に関する定量的な検討はなされなかった。本報告は、先と同様に、
 伝達波を Initial Surface Elevation によって生じる Cauchy-Poisson 波の重ね合わせとして表現
 した場合の、その波高について検討したものである。

伝達波のモデル化

図-1 に示すように、時刻 $t=0$ において 1 回の越波によって防波堤背後の幅 x_0 なる区間で、
 η_0 なる水面上昇が生じた場合、防波堤背面から距離 x の位置での時刻 $t=t$ における波形 η
 は次式で表わされる。⁽²⁾

$$\eta = \eta_0 \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{1}{s} \cdot \sin\left(\frac{x_0}{h} s\right) \cdot \cos\left(\frac{x}{h} s\right) \cdot \exp\left[-i \sqrt{\frac{g}{h}} s \cdot \tanh s \cdot t\right] ds \quad (1)$$

いま、 $X_0 = x_0/h$, $X = x/h$, $\tau = \sqrt{g/h} \cdot t$ と置き、更に

$$\left. \begin{aligned} u &= \sqrt{s \cdot \tanh s} = k \cdot \Delta u \equiv u_k, & \Delta u &= 2\pi / (K \cdot \Delta \tau) \\ \tau &= l \cdot \Delta \tau \equiv \tau_l, & \Delta \tau &= \tau_i / M, & \tau_i &= \sqrt{g/h} \cdot T_i, & i &= \sqrt{-1} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

T_i : 時間に関する基準値, i では入射波の周期, K, M : 別に定める定数

のように表わして、積分 $\int_0^{\infty} \dots ds$ を和 $\sum_{k=0}^{K \rightarrow \infty} \dots \Delta u$ の形に書き直せば、

$$\eta(x, \tau) \equiv \eta(x, l) = \eta_0 \frac{2}{\pi} \sum_{k=0}^{K \rightarrow \infty} \frac{1}{s}$$

$$\begin{aligned} & \cdot \sin(X_0 s) \cdot \cos(X s) \cdot \frac{2 u_k}{\tanh s + s \cdot \operatorname{sech}^2 s} \cdot \frac{\tau_i}{T_i} \\ & \cdot \exp\left(-i \frac{2 \pi k l}{K}\right) \cdot \Delta u \end{aligned} \quad (3)$$

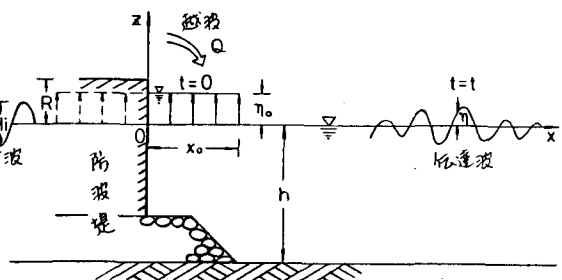


図-1 伝達波のモデル

のようになる。越波は入射波の周期 τ_i じ
 とに生じるので、 N 回の越波の後に堤内
 側水面に生じる波形 η は、 η を時間 τ_i ず

KURATA, Katsuhiko

つづらせて $(N-1)$ 回重ね合わせた $\xi(x, \tau) = C_\eta \sum_{j=0}^{N-1} \eta(x, \tau - jT_i)$ (4)
 によって表わされるとした。ここで、 C_η は有効水面上昇率とでも称される実験係数である。

波高伝達率の計算

初期水面上昇量 η_0 は、周期 T_i 、波高 H_i なる波によってもたらされる 1 波当りの越波量 Q より $\eta_0 = Q/x_0$ (5) によって求められるとする。図-2 中の防波堤(A)についてはいくつかの波高 H_i に対して $X_0 = x_0/H_i$ の値が既に得られている⁽²⁾。それらの波高 H_i に対する越波量 Q を同じような断面を有する護岸あるいは防波堤についての既往の実験結果より推定して η_0 を計算した結果では、近似的に $\eta_0 \approx 0.75 R$ (6) なる関係が得られた。図-2 中の防波堤(B)についても、ある波高 H_i に対する越波量 Q を推定し、 η_0 および x_0 を式(6)および式(5)によってそれぞれ定め、式(3)および式(4)によって求めた波形 ξ の 1 周期に相当する時間間隔 τ_i における最大値 ξ_{max} と最小値 ξ_{min} より波高伝達率 $[K_t]_c = (\xi_{max} - \xi_{min})/H_i$ を算定した。その結果の例を表-1 に、また実験値と計算値との比(C_η) および合田の提案式⁽³⁾による推定値と計算値との比(C'_η)を図-2 に示す。なお、計算においては $C_\eta = 1.0$ 、 $K = 5/2$ 、 $M = 16$ とした。表-1 に示すように $C_\eta = 1.0$ とした時の波高伝達率の計算値は実験値よりやや大きくなり、図-2 に示すように、 $X_0 = 0.5 \sim 0.7$ では $C_\eta = 1.0$ であるが、 $X_0 = 0.01 \sim 0.25$ の場合には $C_\eta \approx 0.8 \sim 0.9$ となつて、 X_0 の値が小さいほど C_η の値はやや小さくなるようである。一方、実験値および計算値は推定値とかなり異なっており、 $X_0 = 0.5$ では $C'_\eta \approx 0.9$ であるが、 $X_0 = 0.01 \sim 0.25$ の場合には $C'_\eta \approx 0.5 \sim 0.6$ となるようである。すなわち、越波量が比較的多い $X_0 = 0.5 \sim 0.7$ の場合には、波高伝達率の実験値、

表-1 波高伝達率 ($C_\eta = 1.0$, $K = 5/2$, $M = 16$)

計算値および推定値はほぼ同じであるが、越波量が比較的小さい $X_0 \leq 0.25$ の場合には、実験値および計算値は推定値の約 1.5 倍～2 倍になる。

まとめ

本報告で示した伝達波の算定法は、その周波数特性だけでなく、伝達波高についても、 $C_\eta = 0.5 \sim 1.0$ にとればほぼ妥当な値を与える。その場合、 C_η の値を如何にとるかが問題となり、 x_0 、 η_0 と Q との関係をも含めて、今後更に詳しく調べる必要がある。

参考文献

- (1) 倉田: 防波堤前後への伝達波に関する一考察, 1980年
- (2) 松井, 倉田他: 越波による伝達波特性 (Cauchy-Poisson 波によるモデル化), 1980年
- (3) 合田, 竹田: 越波による防波堤前後の波高伝達率, 1966年

防波堤断面	水深 h (cm)	入射波			水面上昇 η_0 の分布幅 $X_0 = x_0/h$	波高伝達率		
		周期 T_i (s)	波高 H_i (cm)	相対 先端高 R/H_i		実験値 $[K_t]_e$	計算値 $[K_t]_c$	合田による 推定値 $[K_t]_g$
B	58.0	2.2	31.7	0.55	0.25	0.38	0.33	0.21
			38.9	0.44	0.50	0.28	0.28	0.25
	52.8	2.2	36.0	0.62	0.25	0.28	0.34	0.19
			31.8	0.70	0.17	0.29	0.32	0.17
		1.69	29.3	0.76	0.085	0.27	0.32	0.15
			27.1	0.82	0.065	0.28	0.31	0.14
A	70.0	1.70	21.5	1.04	0.013	0.16	0.19	0.09
			25.0	0.89	0.023	0.23	0.27	0.12
			9.0	0.78	0.1	0.11	0.11	—

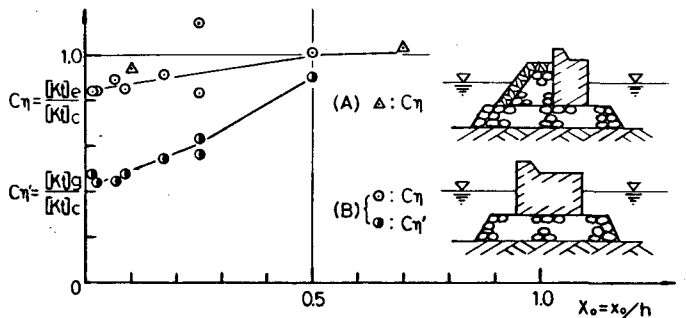


図-2 波高伝達率の比較 (C_η の値)