

スリット型防波護岸の特性に関する理論的考察

角野 昇八*・櫛田 操**・井本 博***・小田 一紀****

1. 緒 言

昨年の第25回海岸工学講演会において、スリット型防波護岸(図-1に示すような、スリットの開孔部を有する箱型消波工を組み込んだ防波護岸)の越波量特性を、防波護岸の形状諸元、入射波の諸元および設置水深と関連させて実験的に検討した結果を発表した¹⁾。その結果、

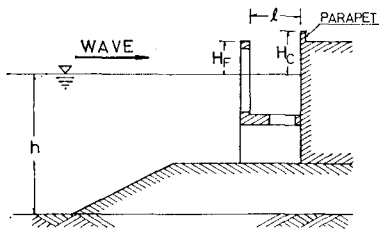


図-1 スリット型防波護岸

防波護岸として最適の相対消波室幅 l/L (消波室幅 l と対象入射波の波長 L との比) は、 $l/L \approx 0.04 \sim 0.05$ であること、およびその相対消波室幅の範囲内においては、護岸法線単位長さ当りの相対越波量 q/q_0 と相対パラペット天端高 H_c/H (入射波高 H に対するパラペット天端の静水面上の高さ H_c の比) との間にほぼ一定の関係があることが明らかとなった。またこのときの越波は、ほとんどの場合、消波室内で上下動するほぼ水平でなめらかな波面が、消波室背後の鉛直不透過壁上のパラペット天端よりも高くなったときに、静かに溢流の状態で生ずることが観察された。したがって、スリット型防波護岸の越波の様相は、一般に鉛直護岸の越波のそれに類似していると考えられる。

鉛直護岸の越波量算定式を論じた既往の研究としては、吉川ら²⁾の、鉛直壁を全幅ぜきと考え、越波の現象を壁前面の重複波の時間波形との関連に基づいて解析し、その結果が十分に適用できることを示した例がある。

本研究は、吉川らの鉛直護岸の越波量に関する考え方をうけ、スリット型防波護岸の背面不透過壁上のパラペ

ットを全幅ぜきと考え、パラペット天端高と時間的に変動する消波室内の水面高との差を越流水頭として、越波量の算定法を検討したものである。さらにその計算結果を実験結果と比較することによって、算定式の妥当性を検討した。

2. 算定式の誘導

スリット型防波護岸の消波室内における波形は、入射波が前面板を透過した波 η_T (その波高 $\gamma_T \cdot H$, γ_T は箱型消波工の透過部分の透過率) および η_T が背面不透過壁で完全反射された波 η_{TR} とから形成される完全重複波であると考えられる³⁾。

いま、消波室内波形をその波高が $2\gamma_T \cdot H$ の完全重複波と考えるとき、背面不透過壁面における水面の時間波形 $\eta(t)$ は次式のように表わされる。

$$\eta(t) = \gamma_T \cdot H \cdot \sin(2\pi t/T) + \delta_0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 T は入射波の周期である。また δ_0 は、実験においても観察される、不透過壁面での時間波形の波高中分線の静水面からの上昇量であり、入射波の特性、設置水深、消波室幅および捨石マウンドの形状などの影響を受けると考えられる量である。

不透過壁上のパラペットを全幅ぜきと考え、その越流水頭が $[\eta(t) - H_c]$ であると考えれば、護岸法線単位長さにおける1周期あたりの越波量 q は次式で表わされる。

$$q = 2 \int_{t_1}^{t_2} \frac{2}{3} \cdot C(t) \cdot \sqrt{2g} \{ \eta(t) - H_c \}^{3/2} dt \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに t_1 は、 $\eta(t) = H_c$ となる時刻で、 t_2 は、 $\eta(t) = \eta(t)_{\max} = \gamma_T \cdot H$ となる時刻である。また時刻とともに変化する係数 $C(t)$ は、せきにおける流量係数に相当するものであり、以後越波量係数と称する。

式(2)において、いま $C(t) = C$ (一定) と考え、式(1)の関係を代入すれば次式が得られる。

$$q = \frac{4\sqrt{2g}}{3} \cdot C \cdot (\gamma_T \cdot H)^{3/2} \int_{t_1}^{t_2} \left\{ \sin \frac{2\pi}{T} t - \frac{1}{\gamma_T} \left(\frac{H_c}{H} - \frac{\delta_0}{H} \right) \right\}^{3/2} dt \quad \dots\dots\dots (3)$$

越波量を相対越波量で評価するために式(3)を $q_0 =$

* 正会員 工修 大阪市立大学助手 工学部土木工学科

** 正会員 工修 大分工業大学講師 工学部土木工学科

*** 正会員 神戸市

**** 正会員 工博 大阪市立大学助教授 工学部土木工学科

$H \cdot L / 2\pi$ で除し, また $t' = 2\pi t / T$ とおいて式 (3) 中の積分を無次元化すれば, 結局次式を得る.

$$q/q_0 = \frac{4\sqrt{2}}{3} \cdot C \cdot \gamma_T^{3/2} \cdot \frac{T\sqrt{gH}}{L} \int_{t_1'}^{t_2'} \left\{ \sin t' - \frac{1}{\gamma_T} \left(\frac{H_0}{H} - \frac{\delta_0}{H} \right) \right\}^{3/2} dt' \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここに, $t_1' = \arcsin (H_0/H - \delta_0/H) / \gamma_T$

$$t_2' = \pi/2$$

3. 算定式の検討

式(4)によると, 相対越波量は, 越波量係数 C , 透過率 γ_T , 相対パラペット天端高 H_0/H , 相対波高中分線高 δ_0/H , および入射波の周期 T , 波長 L と波高 H とから成るフルード数 $L/T\sqrt{gH}$ に関係することがわかる. そこで, 後の実験結果と比較のために, これらの各諸元が q/q_0 にどのような影響を与えるかを検討する.

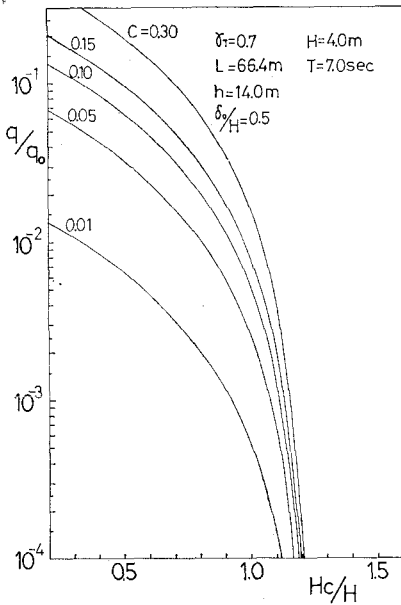


図-2 C の影響

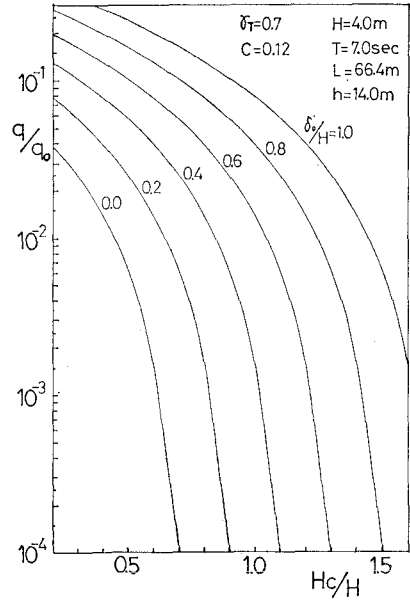


図-3 δ_0/H の影響

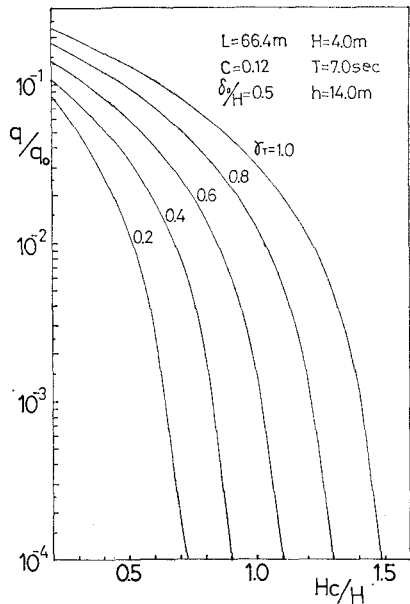


図-4 γ_T の影響

図-2, 3 および 4 は, それぞれ C , δ_0/H および γ_T をパラメーターとして, q/q_0 と H_0/H との関係を示したものである. 図-2 より, C の値の増減は, $q/q_0 - H_0/H$ 曲線を縦軸にそって上下に移動させる効果を有し, また $q/q_0 \approx 10^{-4}$ を与える H_0/H の値は, C の変化によってもほとんど変動しない. 図-3 より, δ_0/H の増減は, $q/q_0 - H_0/H$ 曲線を横軸に沿って左右に移動させる効果を有し, 一定の q/q_0 の値を与える H_0/H の値は, δ_0/H の増減とともに大きく変動することがわかる. また 図-4 より, γ_T の増加は, $q/q_0 - H_0/H$ 曲線を斜め上方へ移動させる効果を有する.

4. 実験結果との比較

(1) 実験結果との比較

図-5~8 は, 式 (4) の計算結果を, 前回に発表した実験結果のうち, 防波護岸として最適な相対消波室幅 $l/L \approx 0.04 \sim 0.05$ の場合の結果と比較したものである. 計算における γ_T の値としては, 箱型消波工の反射率の計算において用いた値と同じく, $\gamma_T = 0.7$ とした³⁾. また C および δ_0/H の値は, 計算結果が実験結果に最も

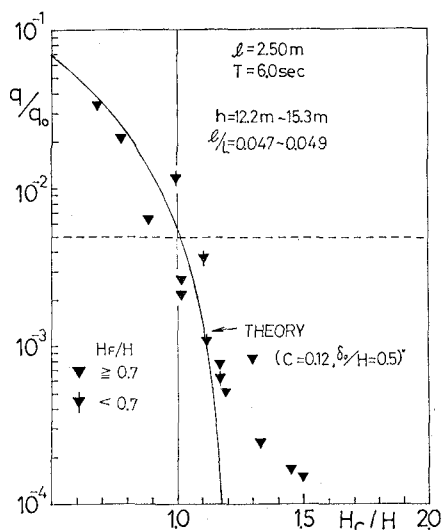


図-5 スリット型防波護岸の相対越波量

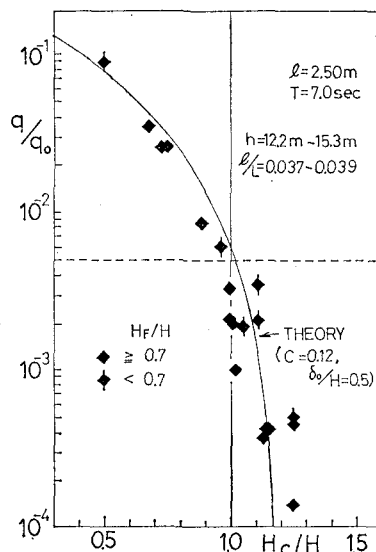


図-6 スリット型防波護岸の相対越波量

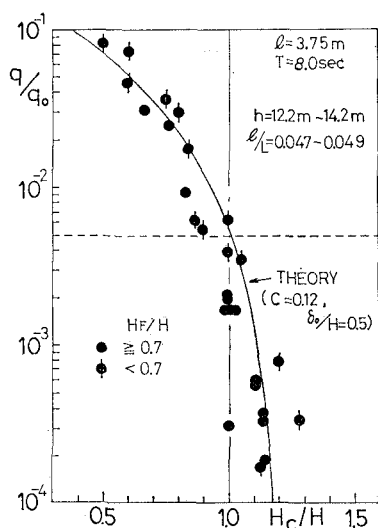


図-7 スリット型防波護岸の相対越波量

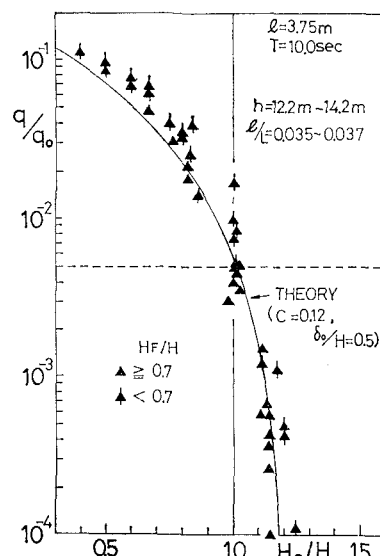


図-8 スリット型防波護岸の相対越波量

よく適合するように、 $C=0.12$ および $\delta_0/H=0.5$ の値を用いた。入射波の波高としては、実験で用いた現地換算波高のほぼ平均値として、 $H=4.0$ m とした（ただし $T=6.0$ sec の場合については、波形勾配の値が過大となるので $H=3.0$ m とした）。水深は実験条件とほぼ同じく $h=14$ m とした。

図-5~8 より、 l/L の値が上記の範囲内のあるときには、 $C=0.12$ および $\delta_0/H=0.5$ として計算を行なえば、 q/q_0 の計算結果は入射波の周期あるいは消波室幅にかかわらず、一般に H_c/H のほぼ全範囲にわたって実験結果とよく合致している。

実験値と計算値とを比較するとき、相対前面板天端高

H_F/H (H_F は前面板天端の静水面上の高さ、図-1 参照) が 0.7 未満である場合には、一般に実験値は、計算値および $H_F/H \geq 0.7$ の場合の実験値よりも過大となっている。その理由は、実験において $H_F/H < 0.7$ 、すなわち前面板が入射波高に比べて十分な天端高を持たない場合には、前面板前面の合成波の波面上昇時に、その波頂付近の水塊が前面板天端を越えて消波室内へ流入し、消波室内の水面と激しく衝突して水塊がパラペットを越えて飛び込むためであり、算定式がこのような現象による影響を十分に表わしえないのは当然のことである。

(2) 入射波高の影響

実験に用いた入射波の現地換算波高は、 $H=2.0$ m ~

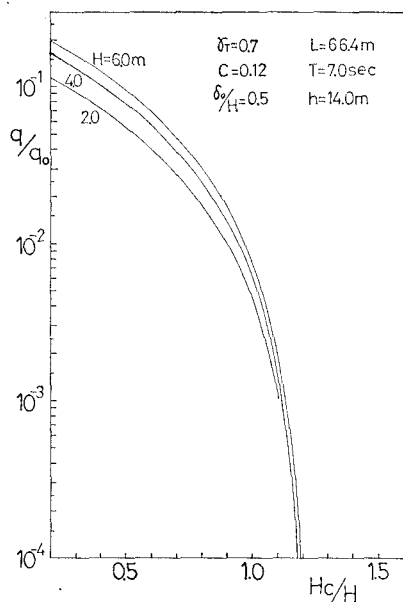


図-9 入射波高の影響

6.0 m に変化させたが、波高そのものの相対越波量に与える影響は、図-5~8 の実験結果に示されるように顕著ではない。

図-9 は、 $T=7.0$ sec の場合について、その波高を実験に用いた波高と同じく、 $H=2.0$ m、 4.0 m および 6.0 m として計算した q/q_0 と Hc/H の関係を示したもの

である。計算における C 、 γ_T 、 δ_0/H および h の値は、図-5~8 の q/q_0 の曲線の計算におけるのと同じ値を用いた。図-9 より、 $H=2.0$ m~ 6.0 m の入射波高の変化に対して、 q/q_0 の値は余り変化せず、特に $Hc/H \geq 1.0$ の場合にはほとんど変化していない。このことは、図-5~8 に示した実験結果と同様の傾向を示している。

5. 結 論

スリット型防波護岸の越波の現象を、時間的に変動する越流水頭を有するせきの流れとみなして検討をすすめた。その結果、以下に記すようなことが明らかとなった。

(1) 相対消波室幅が越波に対して最適の、 $l/L \approx 0.04 \sim 0.05$ の範囲にあるスリット型防護岸に対しては、越波量係数 $C=0.12$ および相対波高中分線高 $\delta_0/H=0.5$ の値を用いて、式(4)より相対越波量が算定できる。

(2) 計算による相対越波量は、実験におけると同様に、入射波高の影響をほとんど受けない。

参 考 文 献

- 1) 永井莊七郎・角野昇八・北浦良樹・櫛田 操：スリット型防波護岸の特性，第25回海岸工学講演会論文集，pp. 279~282, 1978.
- 2) たとえば，吉川秀夫・椎貝博美・河野二夫：直立壁の越波に関する一実験，第22回年次学術講演会講演概要，第II部，pp. (118-1)~(118-3), 1967.
- 3) 永井莊七郎・角野昇八：スリット型防波堤に関する研究，第23回海岸工学講演会論文集，pp. 100~105, 1976.