

スリット型防波護岸の特性

永井 荘七郎*・角 野 昇 八**・北 浦 良 樹***・樋 田 操****

1. 緒 言

スリット形状の開孔部を有する箱型消波工の消波の機構とその特性およびそれに作用する波圧については既に発表した^{1)~8)}。

本論文は、防波護岸としての箱型消波工（スリット形状の開孔部を有するので、以後スリット型防波護岸と称する）の越波量特性を、防波護岸の形状諸元（消波室幅とパラペット天端高および前面板天端高）と波の諸元（入射波の周期と波長および波高）および設置水深と関連させて実験的に検討したものをとりまとめたものである。

箱型消波工の反射率は、消波室の幅 l と消波しようとする入射波の波長 L との比（相対消波室幅 l/L ）を $l/L = 0.13 \sim 0.18$ に選ぶと最も小さくなり、 $(K_R)_{min} \approx 0.10 \sim 0.30$ になることを既に明らかにした^{1), 2)}。本論文においては、相対越波量と相対消波室幅との関係について検討を加え、越波量を最小にする l/L の値を明らかにした。

2. 実験設備および方法

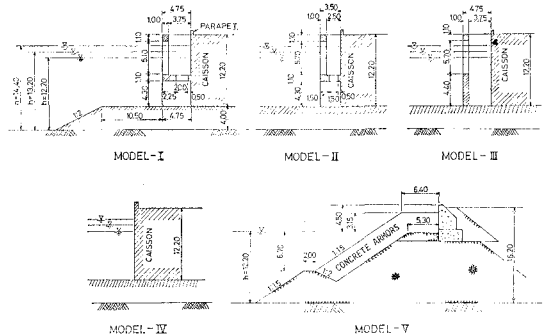
実験は、当研究室の長さ 50m、幅 1.0m、高さ 1.75m の片面ガラス張り風洞付造波水槽を用い、縮尺を 1/25 としフルードの相似則によって行なった。

実験に用いた波の周期は $T=6.0 \text{ sec} \sim 12.0 \text{ sec}$ に、波高は $H=2.0 \text{ m} \sim 6.0 \text{ m}$ に変化させ、また護岸の設置水深はほとんどの場合に $h=12.2 \text{ m}$, 13.2 m および 14.2 m とした。なお、風速は $V=23 \text{ m/sec}$ （一定）とした。

越波量の測定は、実験波が定常状態になった後の 3 波～5 波の平均をとり、さらに同じ条件の実験を 2 回繰り返してその平均をとった。

3. 実験断面

実験対象断面として、図—1 に示すような I～V の 5 断面を定めた。各断面において、断面 I は $l=3.75 \text{ m}$ の消波室幅（反射率が最小となる周期は $l/L=0.15$ の関係



図—1 実験断面（単位：m）

より $T=4.0 \text{ sec}$ となる^{1), 2)}）を、また断面 II は $l=2.50 \text{ m}$ の消波室幅（同じく反射率が最小となる周期は $T=3.3 \text{ sec}$ となる）を有するスリット型防波護岸の断面である。さらに断面 III は、断面 I の前面板を捨石堤天端まで達せしめ、同時に下面板を除去した構造としたものである（同様の構造が高松港朝日地区防波堤にみられる）。断面 IV は、上記の 3 断面と同じ設置条件および捨石堤断面を有する鉛直護岸の断面であり、断面 V は、異形コンクリート・ブロックで、捨石堤の表面を 2 層に被覆し、その勾配を 1:1.5 とした在来の防波護岸の断面である。

スリット型防波護岸の開孔率は、I および II の両者の断面とも、その前面板の開孔率は $\lambda=0.24$ とし、また下面板の開孔率は $\lambda'=0.14$ とした^{1), 2)}。なお、断面 III の前面板の開孔率は $\lambda=0.16$ である。

4. 実験結果および考察

永井ら⁴⁾は、消波堤の越波状況を相対越波量によって分類しており、消波堤としての適、不適は、相対越波量が限界相対越波量の $Q/Q_0=5 \times 10^{-3}$ より小であるか大であるかによって判断されるとしている。したがって本研究においても、越波量特性の検討は、各断面に対して主として Q/Q_0 を評価することによって行なった。

(1) スリット型防波護岸の越波量特性（断面 I および II）

(a) 相対越波量と周期および波高との関係(断面 I)

図—2 は、消波室幅が $l=3.75 \text{ m}$ の断面 I において、

* 正会員 工博 大阪市立大学名誉教授

** 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 東洋建設株式会社

**** 学生員 工修 大阪市立大学大学院 工学研究科

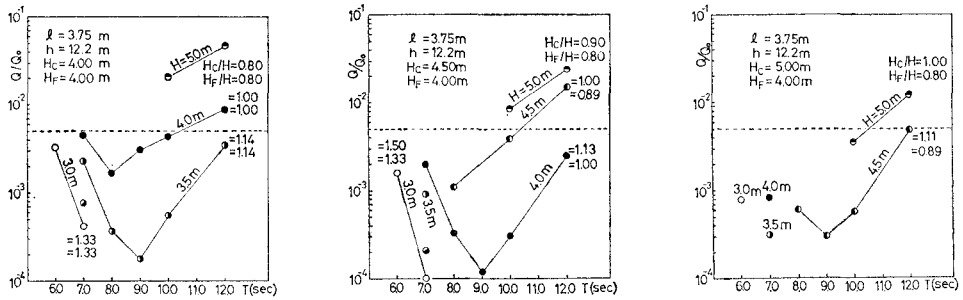


図-2 相対越波量と周期および波高との関係(断面 I)

水深を 12.2 m に一定にして、パラベットの天端高を変化させた場合について、入射波の周期 T と相対越波量 Q/Q_0 との関係を波高 H をパラメータにして表わしたものである。図には、波高 H と、波高に対するパラベット天端の静水面上の高さ H_c との比 H_c/H および波高に対する前面板天端の静水面上の高さ H_f との比 H_f/H を記した。

これらの図より明らかなように、スリット型防波護岸の越波量はその反射率と同様に周期によって変化し、例えば、 $H_c/H \approx 1.0 \sim 1.1$ の場合には $T=9.0$ sec の周期において ($l/L=0.045$ において) Q/Q_0 は最小となり、この周期より大きくても小さくても Q/Q_0 の値は増す。特に $T=6.0$ sec の場合には、パラベット天端高を大きくしても (すなわち H_c/H を大きくしても)、 Q/Q_0 の値は大きくなる。この消波室幅 ($l=3.75$ m) においては反射率は周期 $T=4.0$ sec の波において最小になるので、 $T=4.0$ sec に近い 6.0 sec の波においては、スリットからの水塊の流出と渦乱が激しくなり、水塊が消波室背面に激しく衝突し、越波量が増すからである。一方、波の周期が 7.0 sec 以上の場合には、スリットからの水塊の流入が穏やかになるとともに、消波室内の渦乱も小さくなり、越波量は減少する。しかしながら、周期が 12.0 sec 以上になると、消波室内外の水面変動の位相差はほとんど無くなり、したがってスリット前面における水面変動は鉛直壁前面の完全重複波の場合に近づくので越波量が増大する。

(b) 相対越波量と相対消波室幅との関係(断面 I および II)

図-3 は、 $l=3.75$ m の断面 I および $l=2.50$ m の断面 II の場合において、相対パラベット天端高 H_c/H をパラメータにして Q/Q_0 と l/L との関係を表わしたものである。この図より、 Q/Q_0 は、 $H_c/H=1.0$ の場合には $l/L \approx 0.04 \sim 0.05$ において最小になることがわかる。

(c) 相対越波量と相対パラベット天端高との関係(断面 I および II)

既述のように、スリット型防波護岸の Q/Q_0 は、主として l/L および H_c/H とによって決定されることが明

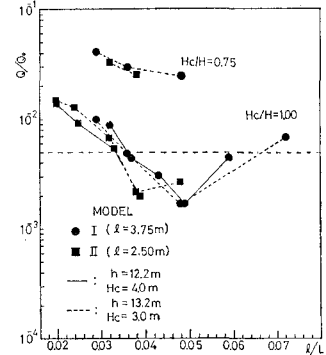


図-3 相対越波量と相対消波室幅との関係

らかである。

図-4 および 5 は、断面 I および II において Q/Q_0 と H_c/H との関係を周期ごとに整理したものである。図中には、実験水深 h 、 l/L の値および相対前面板天端高 H_f/H の値を記入してある。

図-4 および 5 から、 $l=3.75$ m の断面 I において $T=6.0$ sec の場合、すなわちほぼ $l/L > 0.06$ である場合を除けば、 Q/Q_0 と H_c/H との間には、水深に関係なくほぼ一定の関係があることがわかる。

また $T=6.0$ sec $\sim$ 8.0 sec の場合、 $Q/Q_0 \leq 5 \times 10^{-8}$ および $H_c/H \geq 1.0$ の領域で断面 I と II の結果を比較すると、周期が 6.0 sec および 7.0 sec の波に対しては、 $l=2.50$ m の断面 II ($l/L \approx 0.04 \sim 0.05$) の方が、また $T=8.0$ sec の波に対しては、 $l=3.75$ m の断面 I ($l/L \approx 0.05$) の方が、越波量が少なくなることがわかる。図-3 においては $H_c/H=1.0$ の場合に $l/L \approx 0.04 \sim 0.05$ において Q/Q_0 が最小になることを示したが、図-4 および 5 においては $H_c/H \approx 1.0 \sim 1.5$ の範囲においても $l/L \approx 0.04 \sim 0.05$ の場合に Q/Q_0 が小さくなり、限界相対越波量 $Q/Q_0 = 5 \times 10^{-8}$ 以下になる。

(2) 断面 I と断面 III の比較

スリット型防波護岸の断面 I においては、 $T \geq 7.0$ sec の場合には、越波はしずかに溢流の状態が生ずる。これに対して同じ消波室幅の断面 III においては、図-1 に示すように、開孔部は前面板のみに設けられているため、

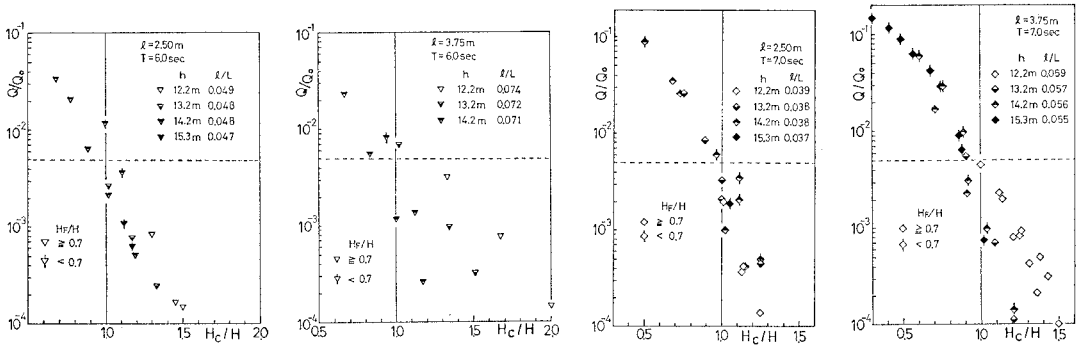


図-4 相対越波量と相対パラペット天端高との関係

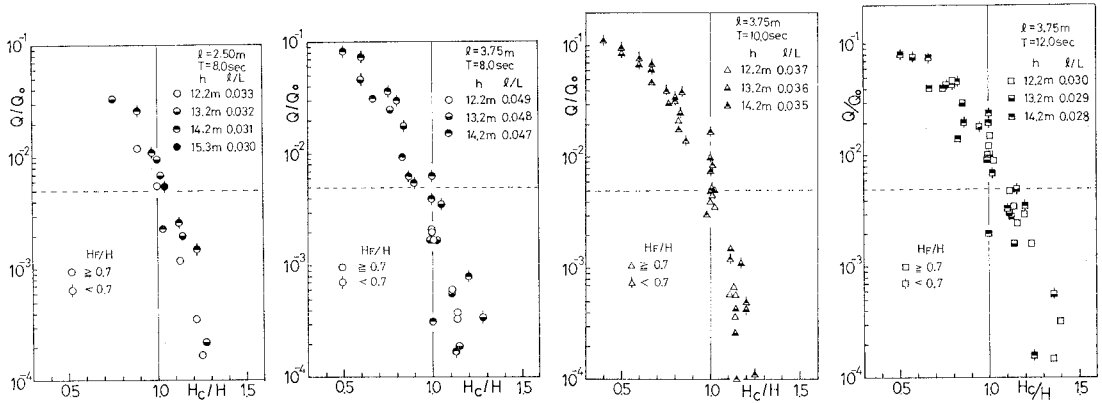


図-5 相対越波量と相対パラペット天端高との関係

8.0 sec $\leq T < 12.0$ sec の周期の範囲では、前面板開孔部から流入する水塊は、背面の不透過壁に水平方向に衝突してから激しく上方へ飛び上がって越波するので、越波量は一般に断面Ⅰより多い。それゆえ、上記の周期の範囲においては、断面Ⅰにおいてはパラペット天端高を高くすることによって越波量を著しく減少させることができるのに対し、断面Ⅲにおいてはパラペット天端高を高くしても越波量はそれほど減少しない。

(3) スリット型防波護岸と鉛直護岸の比較

スリット型防波護岸において、相対消波室幅 l/L が極端に小さくなった場合には、越波量はその極限值として鉛直護岸に対する越波量とほぼ等しくなることが考えられる。また実際の護岸においても、鉛直護岸が考えられることから、スリット型防波護岸と鉛直護岸との相対越波量を比較した。

図-6は、鉛直護岸の断面Ⅳの場合の相対越波量 Q/Q_0 と相対パラペット天端高 H_0/H との関係を表わしたものである。この図と $l/L=0.04\sim0.05$ の範囲のスリット型防波護岸の Q/Q_0 と H_0/H との関係を表わす図-4および5とを比較すれば明らかなように、鉛直護岸の場合の Q/Q_0 の値は、 H_0/H のほぼ全範囲にわたってスリット型防波護岸の場合よりも大きい。また図-6から、鉛直護岸の場合には、 $H_0/H \approx 1.0$ であっても $Q/Q_0 \geq 10^{-2}$ 程度

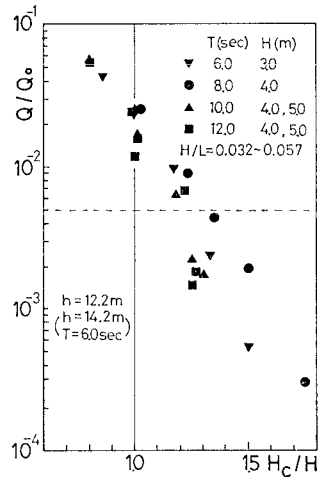
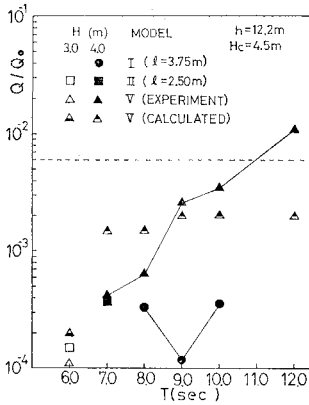


図-6 鉛直護岸の越波量

の越波を生じ、同一条件のスリット型防波護岸の場合の $Q/Q_0 \approx 5 \times 10^{-3}$ よりはるかに大きい。

(4) スリット型防波護岸と在来の防波護岸の比較

埋立地前面などにこれまでに築造されてきた実際の防波護岸の断面は、図-1の断面Ⅴに示すように異形コンクリートブロックで捨石堤の表面を被覆した傾斜堤のものが最も多い。それゆえ、本研究においてもスリット型防波護岸と在来の防波護岸に対する相対越波量を比較し



図一七 在来型防波護岸との越波量の比較

た. なお断面Vの在来の防波護岸の断面は, 設計波高を $H=4.0$ m, 設置水深を $h=12.2$ m として, 静水面上のパラベット天端高は $H_0=4.5$ m とし, さらに静水面上の消波ブロックの天端高は $H_R=3.15$ m と設定した. したがって $H_0/H=1.13$ で, $H_R/H=0.79$ となる.

図一七は, スリット型防波護岸の断面IおよびIIの相対越波量と断面Vの相対越波量とを比較したものである. また同図には, 永井ら⁵⁾によって中空N型ブロックを用いた在来の防波護岸断面に対して実験的に求められた Q/Q_0 の算定図より計算された Q/Q_0 の値も記した.

図一七において, $l=3.75$ m の断面Iの越波量に対して最適の周期 $T=8.0$ sec~ 10.0 sec の範囲で断面Iと断面Vに対する Q/Q_0 の実験値を比較すれば断面Iの方がかなり小さい. また同様に, $T=6.0$ sec ($H=3.0$ m) および $T=7.0$ sec の周期において $l=2.50$ m の断面IIと断面Vに対する Q/Q_0 の実験値を比較すれば, 双方の断面に対する Q/Q_0 の値はほぼ等しいことがわかる. しかしながら, 工費は水深が大きくなるにつれて著しい差を生ずる.

参考文献

- 1) Nagai, S. and S. Kakuno: Slit-type breakwater, Proc. of 15th Conf. on Coastal Eng., pp. 2697~2716, 1976.
- 2) 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.
- 3) Nagai, S. and S. Kakuno: Wave pressures on slit-type breakwaters, Proc. of 16th Conf. on Coastal Eng., 1978.
- 4) 例えば, 永井莊七郎・高田 彰: 海岸堤防の越波におよぼす消波堤の効果, 第11回海岸工学講演会講演集, pp. 279~286, 1964.
- 5) 永井莊七郎・大坪崇彦・遠藤正男: 深い水深における消波堤に関する研究, 第14回海岸工学講演会講演集, pp. 182~187, 1967.