

名古屋大学 工学部 正員 高田 彰

1. 結 言 海岸堤防の破壊の主な原因と列挙すると次のようになる。(1)越波による海岸堤防天端および裏法面の破壊。(2)波浪の衝撃(波圧)による破壊。(3)浸透および吹出しによる破壊。

この中でも裏法面の越波による流出が破壊の最も主要な原因であることが、伊勢湾台風をはじめこれまでの幾多の災害から明らかにされている。その上、最近では臨海工業地帯の造成による海岸堤防背後地の高度利用から越波量そのものが重要な問題となって来ている。越波に関する研究はかなり進んではいるが複雑な現象なるがゆえに解決されなければならぬ問題点を数多く指摘される。筆者は、過去4年間継続している越波に関する防災工学的研究の一環の中でまず越波と減少あるいは防止する消波堤の機能について二、三考察した。今回は消波堤層内の水の挙動を調べると同時に消波堤の空隙が越波の減少効果に及ぼす影響を定量的に明らかにした。更に実際に消波堤の空隙と形成すべき表現形式として効果的な消波用異型ブロックと数種考察した。

2. 越波の定義 侵入する波を阻止する目的の海岸堤防、防波堤、および岸壁などの構造物の機能と安全性と阻害する現象の一つとして越波現象がある。

越波とは平均水面より上に出た構造物に波が衝突することにより構造物の天端を連続流として、あるいは大小の水塊として流入する現象であると定義される。越波の形態としては次の二種類に大別される。(1) 越波が衝突した波から分離しない場合(連続流として取扱える場合) (2) 越波が大小の水塊として波から分離する場合(個々の質点として取扱える場合、)

3. 越波の分類 越波現象そのものは種々の要素が入るので複雑であるが、その中でいくつかの主要な現象に注目すれば次のような越波の分類が出来ると考えられる。

(1) 構造物の使用目的による分類

- a) 防波堤における越波
- b) 海岸堤防における越波
- c) 岸壁における越波

(2) 構造物の壁面形態による分類

- a) 不透過壁面における越波
 - ①鉛直壁面 ②傾斜壁面 ③複合勾配の壁面
- b) 透過壁面における越波
 - ④鉛直壁面 ⑤傾斜壁面 ⑥複合勾配の壁面

(3) 波の特性による分類

- a) 重複波の越波
- b) 部分重複波の越波
- c) 碎波の越波
- d) 緩波(碎波後)の越波

(4) 風速による分類

- (5) 波の進入方向による分類
- (6) 波の規則性による分類

などに分類出来る。なお越波を定量的に表わす物理量として(1)越波の水量による方法 (2)越波のエネルギーによる方法 (3)越波の運動量による方法 などが考えられる。

以上の如く越波の分類がなされるが筆者はこの中で海岸堤防における越波とてあげ、特に越波を防止する目的の消波堤の効果について考察した。なお、越波現象と考察する物理量として越波水量と

対象とした。

4. 消波堤層内の波の挙動 従来の研究によれば消波堤層内の空隙は越波を減少あるいは防止するのに役立つことが定性的に明らかにされている。しかし、透過構造物によればなぜ越波が減少するのか、また消波堤層内の水の挙動はどうなっているのかなどについては未だ究明されていないようである。図-1は消波堤断面の越波の減少効果に及ぼす要素と消波堤層内の水の挙動を模式的に示したものである。筆者は図の中で越波に関係する主要な要素として海岸堤防壁面（消波堤背後）の水の上下を示す R_d および R_u と消波堤前面の斜面における波の上下を示す R_u および R_d をとりあげ、これらについて実験的に考察した。

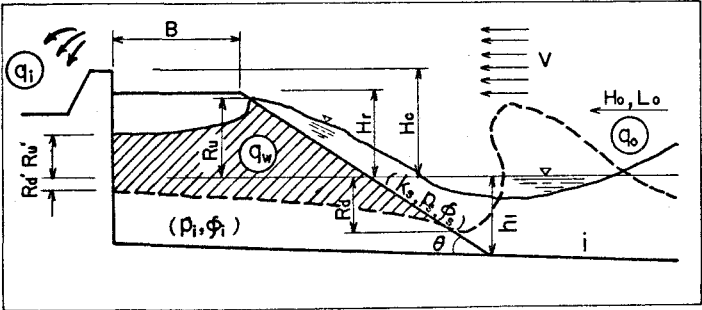


図-1 越波要素と消波堤層内の波の挙動

実験は海底勾配 $i = 1/40$, $R_u/L = 0.06 \sim 0.09$ (R_u : 堤脚水深), $H_0/L_0 = 0.01 \sim 0.07$ の波について行い、消波堤の規模は $H_t/H_0 = 0.95 \sim 1.25$, $B/H_0 = 2.5 \sim 4.0$ (B : 堤端幅) である。なお、消波堤の層内の空隙率は45%, 消波堤表面の空隙率は約20%である。図-2はそれらの実験結果であるが、 R_u , R_d , R_u および R_d と沖波浪高 H_0 との比、無次元量 R_u/H_0 , R_d/H_0 , R_u/H_0 および R_d/H_0 と波形勾配 H_0/L_0 の関係について示したものである。 R_u は図-1に示すごとく波が消波堤法面で静水面上 R_u に達するまでの時間 Δt_f ($\equiv T/2$) の間に消波堤表面の空隙から透過した水が層内の空隙

と通過して海岸堤防に到達する静水面上の高さであるので実験において $R_u/H_0 > R_d/H_0$ になることが理解される。また、 R_d は消波堤層内に吸収された水が次の侵入波が来襲する時間 Δt_b ($\equiv T/2$) の間に消波堤層外に排水され静水面下（あるいは静水面上） R_d に減少したことを示すから図-2の実験結果から $|R_d/H_0| < R_u/H_0$ にもなることも理解できる。

以上の結果から、一周期 T の間に海岸堤防壁面では $R_u \pm R_d = R_u$, 消波堤表面では

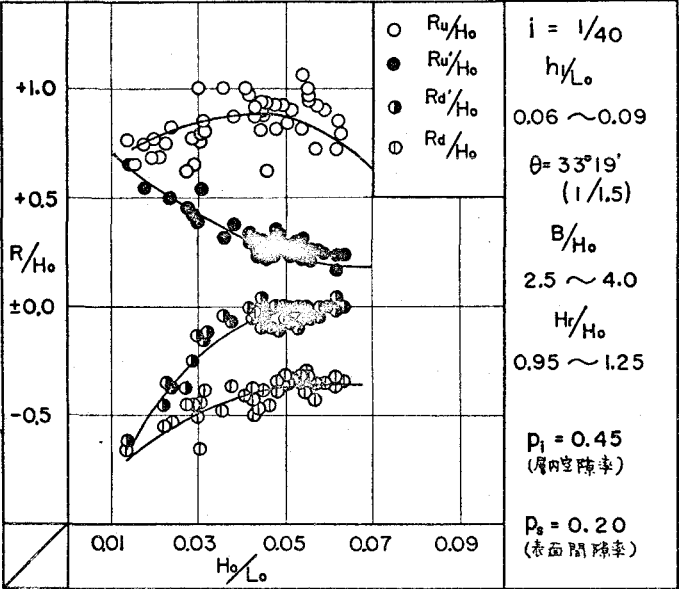


図-2 消波堤表面および層内の水の移動

$R_u + |R_d| = R_t$ の水の移動があって、 R_t と R_t の間には $R_t > R_t$ の関係があることが分った。なお、層内の水の移動量(透過量) q_u を求めるために層内の自由水面の形状が問題になるが、定性的には消波堤の表面に近い程 R_t の変化率が大きく、消波堤法面の水位移動量 R_t が最大値を示す。

そして海岸堤防の壁面の水の移動量 R_t が最小値を示すことが分った。(自由水面の形状はかなり複雑であるが近似的に $R_u \approx R_u$, R_d と R_d と結ぶ直線分布としても大差はなかうと推測される。) さらに図-2 から次のことが明らかに分った。(1) H/L_0 の小さい程消波堤層内の水の移動が大きく、透過効果については越波の減少効果が大きいと考えられる。(2) 消波堤の必要断面は越波を対象にする水が $R_t/H_0 \approx R_u/H_0$ になるような相対天端幅 B/H_0 を規定することによって経済的な断面を求めることができる。すなわち層内の空隙全部が有効に働き、一度透過水が空隙全体にゆきわたるような断面が最小限必要な消波堤の断面と云える。図-2 の結果は相対天端高 $B/H_0 = 2.5 \sim 4.0$ についてであるが水の透過されない余分の断面があることがわかる。したがって B/H_0 を更に縮小できることを示している。(3) 空隙率の大きい材料を用いた水は空隙率の小さい材料の消波堤の必要断面より小さい断面で同一の効果とあげることが出来る。しかし空隙率とあまり大きくすると海岸堤防の液圧が増大したり $R_u > R_u$ にならうるので有効な空隙率には限度がある。(4) 消波堤による越波の減少効果は層内に透過される水量に支配される。

5. 消波堤の空隙率と越波量の関係

消波堤層内の空隙に透過する水量の移動が空隙率、消波堤断面の大きさ、波の特性などによって異なることが前述の実験結果より明らかに分った。そこで消波堤の断面と同一の規模にした場合に消波堤層内の空隙率によって越波が如何に変化するかと実験的に調べた。

使用した空隙率は 46%, 50%, 53% および 60% の 4 種類。波は $h/L_0 = 0.013 \sim 0.036$, $H_0/L_0 = 0.017 \sim 0.034$ 。

海底勾配は $i = 1/10$ である。消波堤の天端高 H_r と海岸堤防の天端高 H_c と等しくとり $H_r/H_0 = H_c/H_0 = 0.63 \sim 1.44$ である。

実験の結果は図-3 に示され次のことが明らかに分った。

実験値のばらつきはあるが一般に空隙の大きい程越波量が減少する。空隙が 60% の場合は 46% に比べて越波量が $1/6 \sim 1/20$ に減少するようである。これは前述した如く消波堤層内の空隙量に透過する水量が多くなることによつて越波が著しく減少したと見なされる。

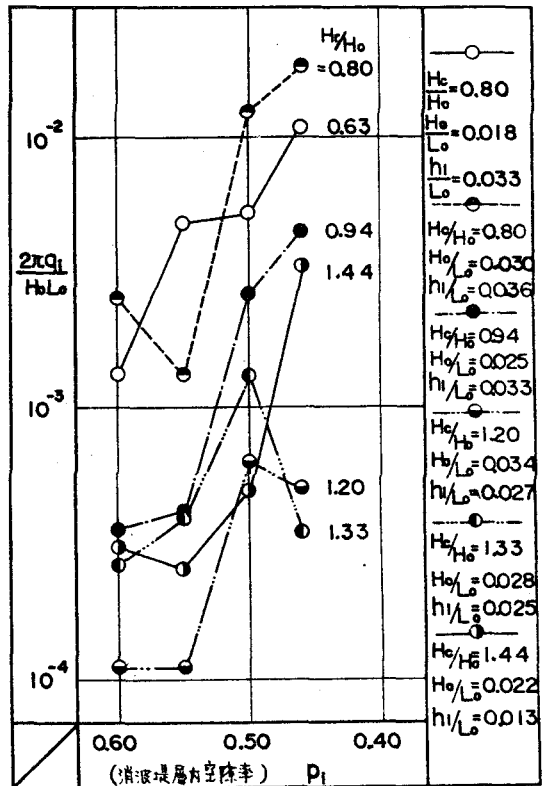


図-3 消波堤の空隙率と越波量の関係

る。消波堤を構成する従来の異型ブロックの空疎率は49%～65%であるので越浪の減げ効果が著しく大きいことが分る。しかし、異型ブロックの形状についてはまだ改良すべき点が残されているように思われる。

6. 新しい消波用異型ブロックの考案 消波堤の空隙を形成するための実際の表現形式として異型ブロックをあげることができる。消波用異型ブロックについては内外ですでにテトラポッド、六脚ブロック、中空三角錐ブロック、ホロースクエアー、トライバーおまびアクモンなど数多くの形状のブロックが考案されている。しかし、ブロックの形状として考案されただけであってそれらの水理学的考察を系統だてた研究はまだ行われていないように思われる。それゆえ、消波堤を設計する技術者はおびただしい種類の消波ブロックの選定に苦慮しているようである。一般にどのような種類の消波ブロックを用いても効果が同じであるといった誤った解釈がなされているのは憂すべき現状といえよう。

消波ブロックの意匠の創作も重要な事柄ではあるが水理学的に充分説明のできるような実際の、理論的考察が望まれる。筆者は図-4(a)、(b)、(c)、(d) おまび (e) に示す如く5種類の形状の消波用異型ブロックを考案した。これらについての水理学的考察は引き続き研究を行っているので次の機会に報告したい。

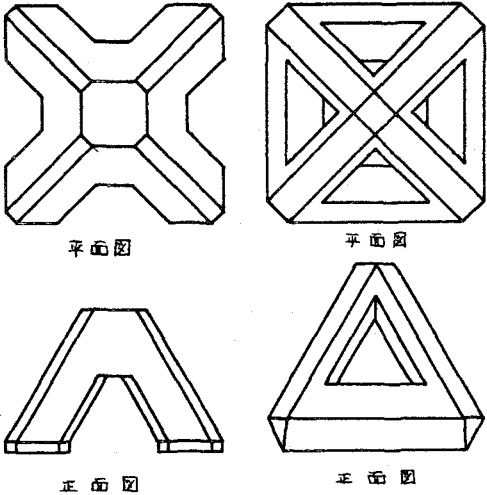


図-4(a) 四脚錐ブロック 図-4(b) 中空五面体ブロック

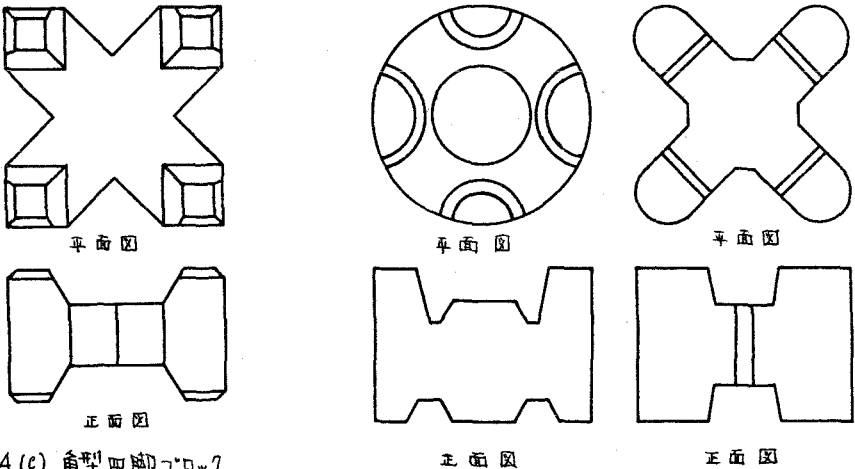


図-4(c) 角型四脚ブロック

図-4(d) ドーナツ型四脚ブロック 図-4(e) 丸型四脚ブロック

図-4 新しい消波用異型ブロックの考案