

直立型消波ブロック堤の消波効果について

川端 猛*

Effect of Breaking Water by Upright Breakwater with Precast Concrete Armour Units

by Takashi KAWABATA

1. 緒 言

近年の我が国の経済成長は船舶の大型化を必要とし、港湾の整備・拡張を促進した。その結果、港内の水際線にある自然浜などは直立構造物に変貌することとなり、港内の静穏度を高めるためには構造物自体が消波機構を備える必要もでてきた。

防波堤や護岸のような不透過壁の前面に消波ブロックを配した消波構造についてはこれまでに多くの形式が提案されている。この構造は消波ブロックによる反射率軽減効果や波力減殺効果があるために、比較的水深の浅い場所での主要な方法として従来より用いられている。消波ブロックの効果に関するこれまでの研究の一例を列記すると、

- (1) ブロックの積み数は波の這上がり高さより、1列上までブロックを積めば十分である。^{*1}
- (2) 上下左右の噛み合わせ、根固め、裏込めが必要である。^{*1}
- (3) 直立壁の反射率は1.9であったが、これに対応するテーブル型ブロックの反射率は周期により異なるが1.35～1.60であった。^{*2}
- (4) 直立消波堤、不透過直立堤とも、水平全波力は入射波高の増大とともに、又堤体設置水深の増大によっても増加する。不透過直立堤に働く水平波力はサンフルー簡略公式による計算値と比較的よく一致するが、直立消波堤の場合は小さくなっている。^{*3}
- (5) 水深波長比0.23のとき直立壁堤では反射率1.60～1.68、直立消波構造では反射率1.10～1.51であり、消波構造を備えることにより反射率を低減することができる。^{*4}

のような結果を得ている。又、ブロックを直立に積上げるタイプの消波ブロックとしてはタイムブロック、クロスホロー、ワーロックなどの名称の製品が実際に使用されており、それらの空隙率は45～55%のものがほとんどである。

これらのことを前提にして、本研究では直立消波ブロック堤における適切な消波効果を与える構造を調べる一環として、消波ブロック内の空隙の方向性について実験的に検討することとする。

* 理工学部土木工学科教授 水理学 測量学

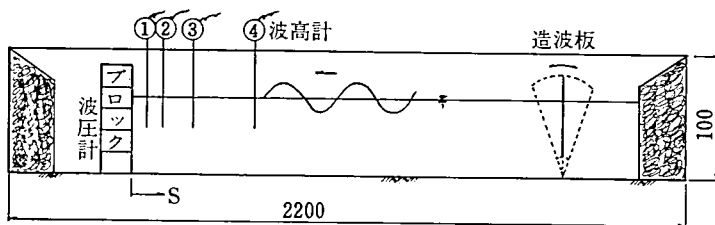


図-1 実験水路

2. 実験装置

実験用水路は一端にフラッター型造波機を有し、両端に反射波を減殺するための消波装置を備えた片面ガラス張り鋼製二次元造波水路を用いた。水路は長さ 22.0m, 幅 0.8m, 高さ 1.0m である。

波の測定には 4 本の容量式波高計を構造物前面 0.5m, 1.0m, 2.0m, 4.0m の位置に設置し、ペン書きオシログラフで記録した。波圧の測定には構造物内部に半導体式小型圧力計を設置し、サーボコーダーで記録した。(図-1)

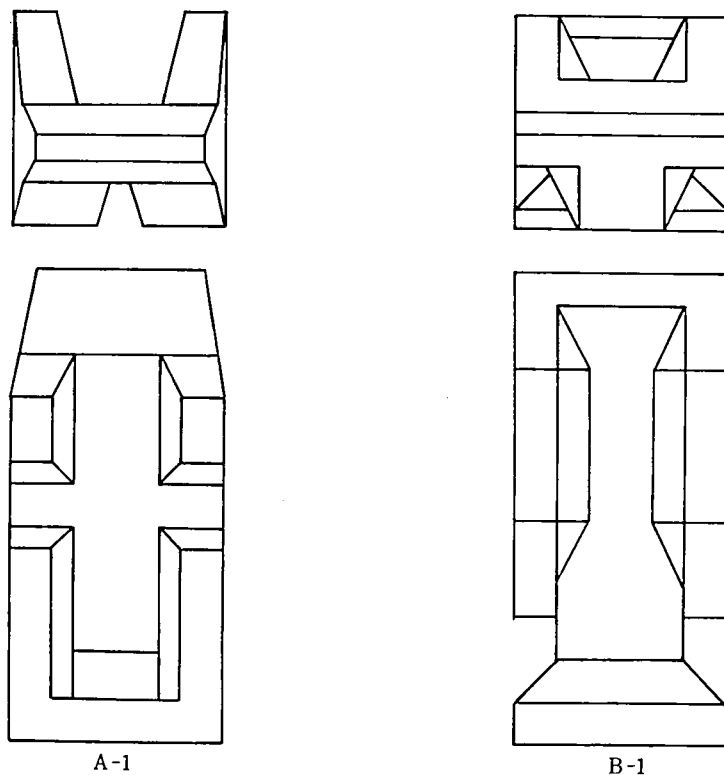


図-2 消波ブロック概略図

3. 実験方法

本実験に入る前に予備実験を行い、その結果、反射率は消波ブロック内に進入した水の抜け方に関係し、上下左右に抜ける道が影響することを確認した。

本実験に使用した消波ブロックはコンクリート製で、2種4タイプとも外寸法、空隙率(46%)は同一とし、上下通過穴の面積だけを変化させた。(表-1)

タイプ	上下通過穴		寸法 (cm)	空隙率	備考
	面積(%)	数			
A-1	7.5	1	高さ×幅×奥行き 20×20×40	46%	水が中央部で横に抜ける。
A-2	15.0	2			タイプA1と形が似ている。
B-1	6.0	1			水が後部で横に抜ける。
B-2	12.0	1			タイプB1と形が似ている。

表-1 消波ブロックの種類

消波ブロックの積み方は4列5段の半位相差層積みとした。消波ブロック前面の水深は0.60m, 0.55m, 0.50mの3種類とし、実験波は波形勾配で0.04～0.10の間の7種類とした。微小振幅波理論の分類では全て浅海波である。(表-2)

表-2 実験に使用した波

波 高:	0.10～0.19	(m)
波 長:	1.66～2.85	(m)
波 速:	1.61～1.51	(m/s)
周 期:	1.03～1.51	(sec)

4. 反射率

反射率の表示はヒーリーの方法により計測して表示するなどいく種類もあるが、単純に反射波高(Hr)/入射波高(Hi)をKrとして示すことにする。反射率(Kr)と波形勾配(H/L)の関係の一例を示すのが図-3である。消波ブロック前面ではどのタイプでも反射率は小さく安定しているが、離れていくほど大きくなり、ばらつきも大きくなるようである。重複波が生じているのだから、場所により反射率に大小があっても当然であるが、どのタイプも1.6を越えることは無かったし、最も効果の高かった場合は0.7であった。タイプ別にみると、波形勾配の大小により多少の差異はあるが、Aタイプの方が効果が高く、上下通過穴面積の大きいタイプが有利であると考えられる。

反射率の時間的変化は重複波が時間と共に変質して行くであろうと予想できるので調べてみる必要がある。実験では10分間の計測をした。初めの60～120秒ではどのブロックも反射率が変化する。それ以降は一定値に近づく傾向がみられた。特に30～60秒間はタイプに関係なく反射率は下がる傾向にあった。タイプ別にみるとAタイプが小さい値を示した。(図-4)

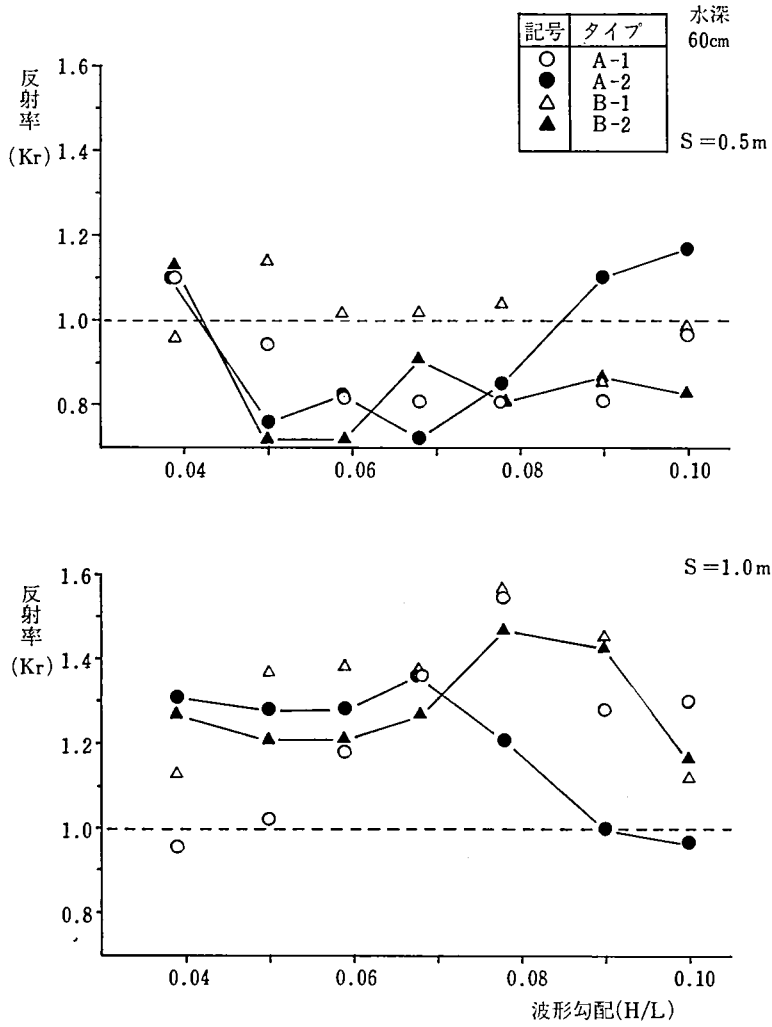


図-3(a) 反射率

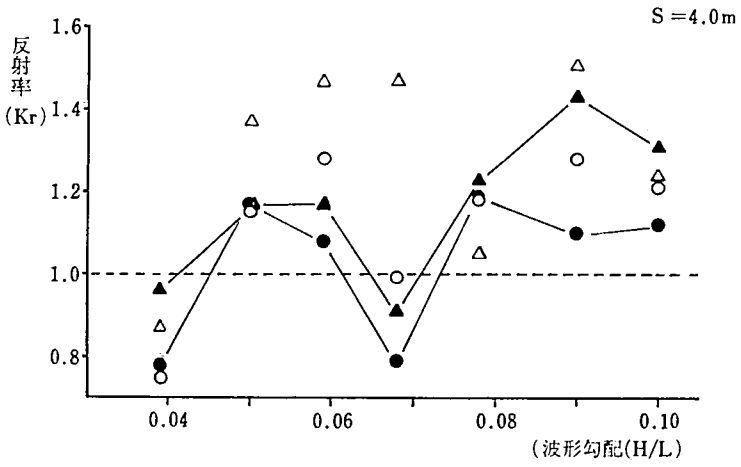
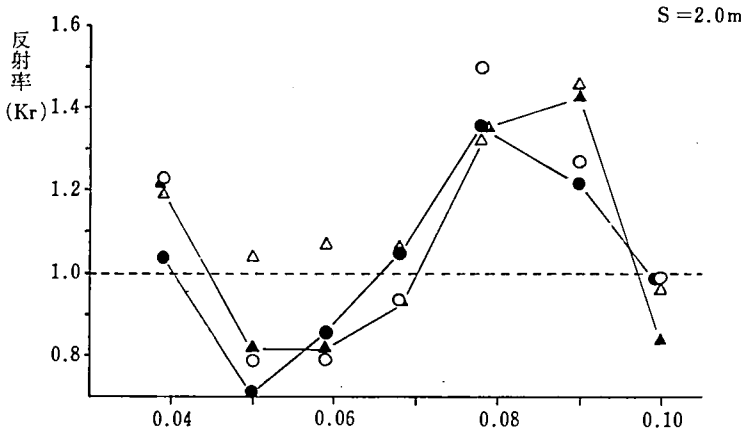


图-3(b) 反射率

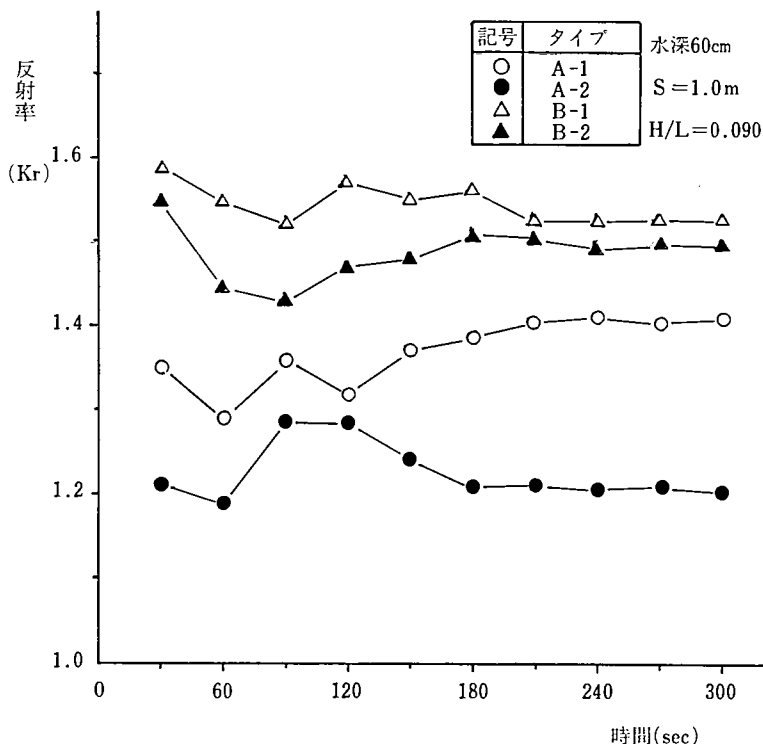


図-4 反射率の時間的变化

5. 消波ブロック内部の波圧強度

直立壁に作用する重複波の波圧強度に関してはトロコイド波理論に基づいたサンプル一簡略公式や波圧実験に基づいた合田式などが使用されている。サンプル式による値は一般にやや大きい波圧を与え、合田式は実際の波圧と良く合致することが知られている。どちらも波圧分布を直線分布としたものである。

構造物が砕波帯内において消波ブロックで被覆した場合の表面波圧については森平等の提案式がある。その表面に一樣に(平均)波圧が分布するものとしている。砕波による波圧であるから重複波の波圧より大きくなるであろうと思われる。消波ブロック内部の波圧強度はこれらの式から求めた値よりは当然小さい値になるであろうことは予想出来るが、参考のために表示した。(表-3)

波圧強度と波形勾配の関係の一例を図示したのが図-5である。全体的にみて、波形勾配が大きくなるにつれて、波圧強度は小さくなり、上下通過穴面積の大きいタイプは波圧強度が小さい値を示す傾向にある。波動エネルギーは波高の2乗と波長の積に比例するのであるから、一般には波形勾配が大きいほど波動エネルギーは大きいと推測できるので、波形勾配の大きい波はブロック表面で強く当り、そのために表面の波圧強度が大きく、逆に内部波圧強度は小さくなるのであろう。Aタイプ、Bタイプの波圧強度の差は1タイプでは僅少であるが、2タイプになると相当大きくなるようである。

波圧強度の時間的变化を調べてみると、波圧強度は反射率と同じように120～180秒

表-3 計算式による波圧強度
水深60cmの場合

(kg/m²)

波形勾配	合 田 式		サンプルーの簡略式		森平等の被覆堤の式	
	A タイプ	B タイプ	A タイプ	B タイプ	A タイプ	B タイプ
0.039	62.2	55.9	79.2	73.8	111.0	105.5
0.050	71.6	63.6	90.0	83.6	112.3	133.0
0.059	71.2	62.0	90.5	82.7	135.0	124.0
0.068	76.9	66.4	94.6	86.6	127.8	161.6
0.078	72.9	61.3	88.2	79.1	144.8	145.1
0.090	82.3	67.8	85.8	75.9	169.3	140.4
0.100	67.7	53.9	75.9	65.1	188.8	159.7

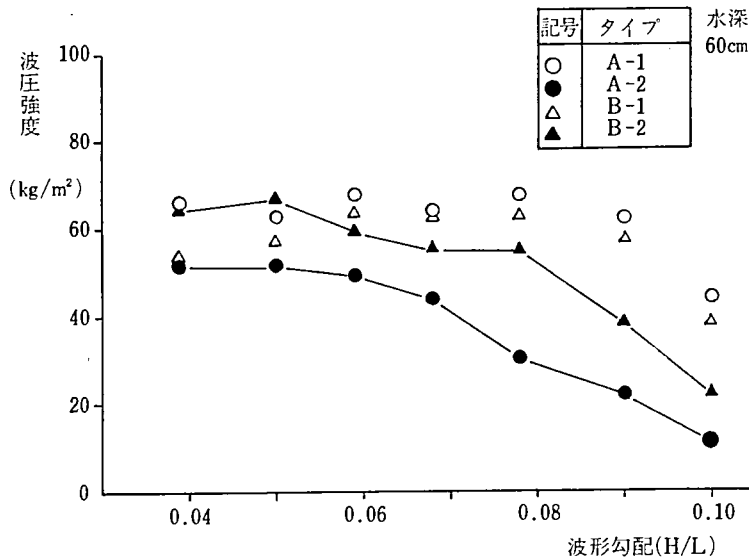


図-5 ブロック内部の波圧強度

で安定し、一定値に低減する傾向にある。特に実験開始後10～30秒では相当大きく、合田式の計算値に近い値を示した。波動エネルギーも消波ブロックに吸収されて収斂していくようである。言い換えれば、安定した波になっていくことを示している。

6. ま と め

本研究では同一条件での消波ブロックの上下通過面積を変化させた場合の消波効果を検討したのであるが、次のような結果を得た。

- (1) 反射率は0.7～1.0の間であった。直壁面では1.9～2.0であることを考慮すれば、相応の効果があつたと思える。護岸構造物は設置される場所での波浪状況によって選定されるのであろうから、波形勾配の大小によって判別すると、波形勾配0.07

より小さい場合には通過穴面積の小さい方が、0.07より大きい場合には通過穴面積の大きい方が反射率は小さくて有利であろう。A-2タイプとB-2タイプで比較してみると、通過穴面積は同じであるが、穴数がA-2は2、B-2は1であり、A-2は分散してある。このことがA-2の結果をよくしていると思える。

- (2) 消波ブロックの内部波圧強度は外部の波圧強度に比して相当に小さく、逆に言えばブロック表面は波の影響が大きく、その形状に工夫が必要である。

内部波圧強度はA、Bタイプ共に波形勾配が大きくなるに従い、小さくなっている。また、上下通過穴面積の大きいタイプは内部波圧強度は小さい。

- (3) このブロックの構造上、上下通過穴面積を大きくすることは、必然的に左右通過穴面積を小さくすることである。波の分子運動は静水面で一番大きく、水面下で徐々に小さくなることを考慮すると上下の通過穴の影響は大きく、ブロック内の水を下に逃がす作用があるだろう。水面下同じ深さの位置では同じ規模の分子運動であるので左右の穴の影響は少ないと推測する。

7. 結 語

上下通過穴面積の大小が消波効果に及ぼす影響の一端が確認できた。同じ外寸法同じ空隙率で、上下通過穴面積を変えるとすることは、かなり難しいことでブロックの強度を無視したり、ブロックの噛み合わせなども犠牲にせざるを得なかった。ブロックの種類も少なく定量的取扱いはしていないので、今後の課題は多いと思う。

最後に、卒業研究生としてこの実験に参加した富川方史、滝山茂両君のご助力に感謝いたします。

平成元年 10月 31日

参 考 文 献

- 久宝雅史, 多賀一充, 他 * 1
消波のりおおいブロックに関する実験的考察 : 第 14 回海岸工学講演会論文集 1967 年
- 尾崎重雄, 井嶋武士, 他 * 2
テーブル型ブロックによる消波岸壁について : 第 18 回海岸工学講演会論文集 1971 年
- 服部昌太郎, 白須 宏, 他 * 3
直立消波堤に作用する波力に関する実験 : 第 26 回海岸工学講演会論文集 1979 年
- 竹田英章, 赤塚雄二, 河口隆明 * 4
ブロック式直立消波機構の水理特性 : 第 23 回海岸工学講演会論文集 1976 年
- 竹田英章
消波ブロック構造の安定 : 土木学会第 17 回水工学夏期研修会論文集 1981 年
- 江森一郎, D. J. シューリング
模型実験の理論と応用 : 技報堂出版 K. K
- 長崎作治
海洋構造物の設計と施工 : 森北出版 K. K