

北海道南支局土木試験所港湾研究室 正員 鴻上雄三

同 上

正員 〇時川和夫

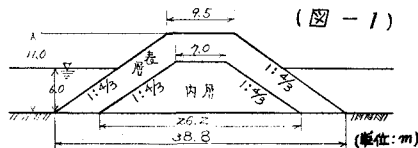
1. 緒言 近年、港湾工事において、消波の目的で異形コンクリートブロックが盛んに用いられているが、6脚ブロックもその1つで、北海道においても稚内港や宇登呂漁港など各港において、港内波の静穏維持や越波防止の目的で使用されている。当研究室においては現在までに、テトラポッド、中空4脚、アクモンなど異形ブロックの特性について研究を続けてきた。ブロックの安定および越波に関しては、かなりの研究がなされているが、反射波および透過波に関する研究は数少ない。この論文においては、6脚ブロック堤の波の反射、透過、および迎上に関して、ブロックの積み方や大きさ、および空隙がどのような影響を与えるかを調べ、他の異形ブロックの消波効果についても考察を加えた。

2. 実験装置および実験方法 実験に用いた波浪水槽は長さ32.0m、幅0.8m、深さ0.8mの両面ガラス張り、造波装置はペンデュラム型である。実験は縮尺1/20で行ない、用いた波を現地に換算すると、周期 $T_p = 4.0 \sim 12.0^{sec}$ 、波高 $H_p = 0.2 \sim 3.4^m$ 、波長 $L_p = 20.4 \sim 95.6^m$ 、水深 $h_p = 6.0 \sim 64^m$ 、また6脚ブロックは2, 8, 16, 21^tを使用した。波高の測定は直線性のよい抵抗線式波高計6台を同時に用いて行ない、記録紙上に予1波よりほぼ30波、造波板からの再反射波が入るまでの波を連続記録させた。入射波および反射波の波高は、ブロック堤の前面1~3波長の間に生じる部分重複波の腹および節における測定波高の中から最大波高(H_{max})と最小波高(H_{min})(おのおの連続5波の平均)を求め、ことに

より次式で計算した。入射波高 $H_k = (H_{max} + H_{min})/2$ 、反射波高 $H_r = (H_{max} - H_{min})/2$ 、またブロック堤法面を迎上する波高の測定は、前面で反射波が十分形成された後、迎上する波の連続5波の平均をガラス両側面より同時に読みとってその平均を迎上高とした。実験に用いた6脚ブロック堤の断面および構成を示すと(図-1)

および(表-1)のとおりである。また2R整積みした異形ブロックは6脚(空隙率55%)(写真-1,2)、中空4脚(51%)(写真-3,4)、テトラポッド(57%)(写真-5,6)の3種類を使用した。

(表-1)



No	①	②	③
種類	全16 ^t 乱積	表層 16 ^t 乱積 内層 2 ^t "	表層 16 ^t 整積 内層 2 ^t 乱積
表層	125個 57.0%	133個 54.1%	134個 53.8%
内層	94個 60.1%	894個 51.3%	894個 51.3%
全断面	空隙率 58.5%	空隙率 52.7%	空隙率 52.5%
No	④	⑤	⑥
種類	全8 ^t 乱積	表層 8 ^t 乱積 内層 2 ^t "	表層 2 ^t 乱積 内層 2 ^t "
表層	459個 55.3%	256個 55.0%	95個 56.3%
内層		894個 51.3%	894個 51.3%
全断面	空隙率 55.3%	空隙率 53.2%	空隙率 53.8%

3. 異形ブロックの消波効果 異形ブロックの消波効果の大きさを比較するために、入射波がブロックに衝突することにより失なうエネルギー量を実験的に測定する方法を用いてみた。このためまず次のことを仮定する。すなわち測定波については、すべて微小振幅波理論が適用でき、しかも入射波、反射波および透過波について波長の変化はないものとする。前記のHealyの方法によりみかけの反射波高が求まり、したがってみかけのエネルギー損失が求められるものとする。実験は次の3種類行なった。

(i) 不透過斜面のみの場合 (ii) 異形ブロックのみの場合 (iii) 不透過斜面上に異形ブロックを設置した場合、これより次の3つのエネルギー関係式が求められる。 (i) $E_k = E_r + E_s$ —(1)

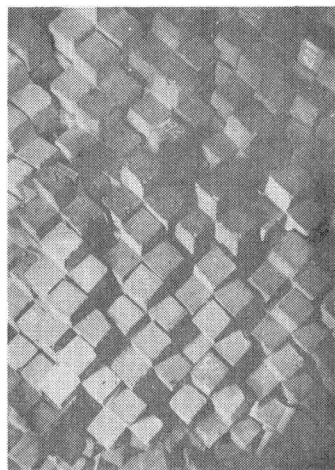
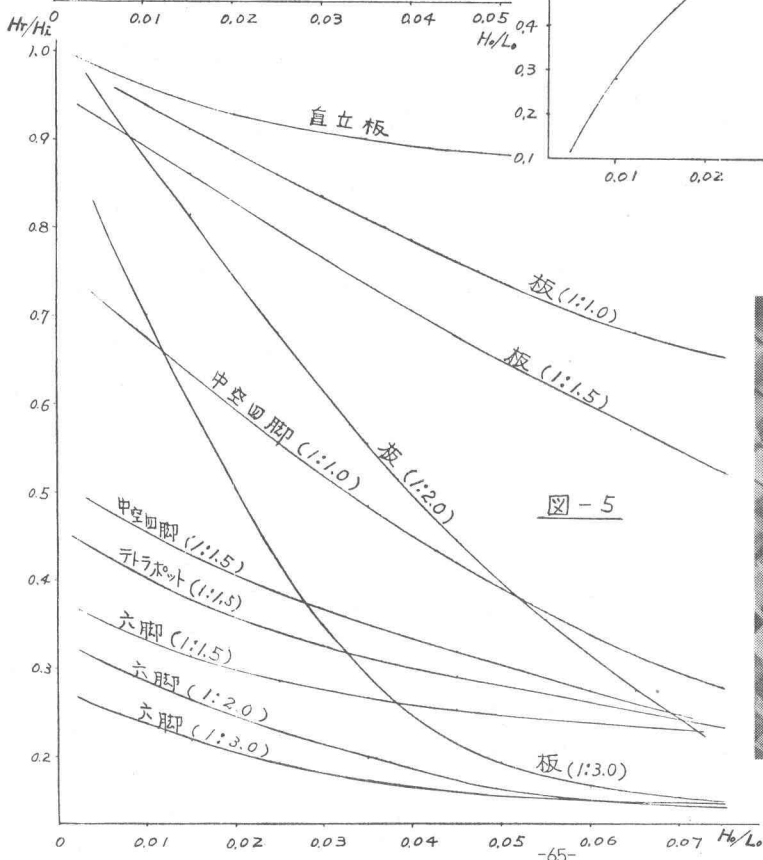
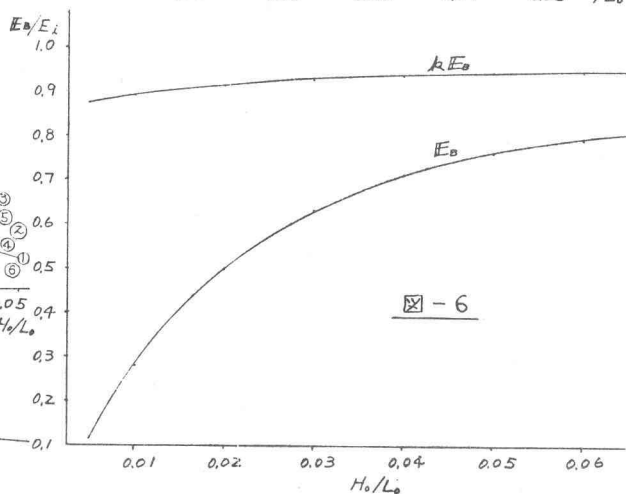
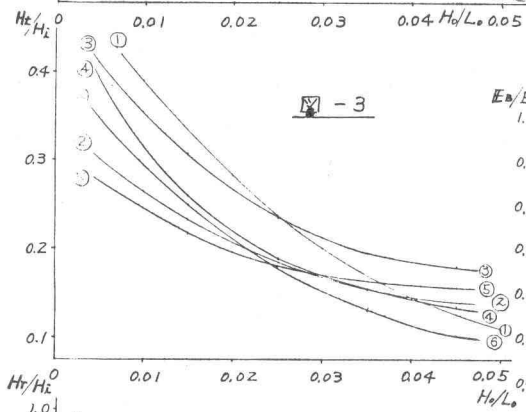
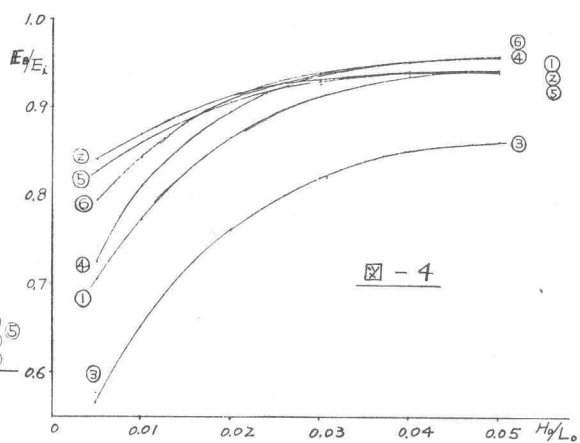
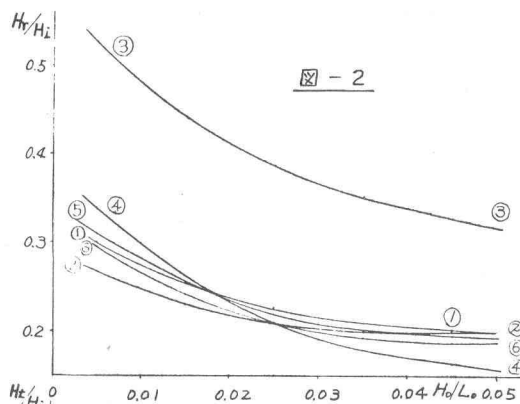
(ii) $E_k = E_r + E_s' + E_b + E_t$ —(2) (iii) $E_k = E_r + E_s' + \alpha E_b + \beta E_t$ —(3) ここに E_k : 入射波のエネルギー

E_r : 反射波のエネルギー, E_s : 不透過斜面により失われるエネルギー, E'_s : 異形ブロック法面により失われるエネルギー, E_b : 異形ブロック内部で失われるエネルギー, E_t : 透過波のエネルギー,
 α, β : 係数, (2)式において $E'_s + E_b = E_b$ — (4), (3)式において $E'_s + \alpha E_b + \beta E_s = k E_b$ — (5), とおくと(2)式(3)式は次式で表わされる, $E_t = E_r + E_b + E_t$ — (6), $E_t = E_r + k E_b$ — (7)

(6)式(7)式より異形ブロックにより失われるエネルギー E_b と不透過斜面上の異形ブロックにより失われるエネルギー $k E_b$ が求まる。ここで単位中の1波長の波が有するエネルギー E は $E = \frac{1}{8} \rho g H^2 L$ で表わされるものとする。

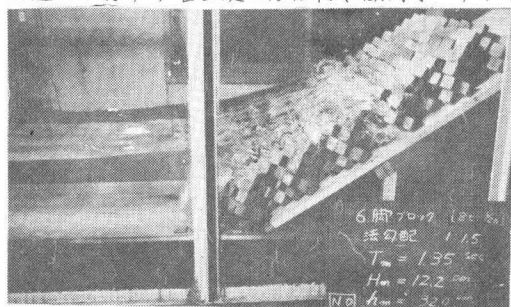
4. 実験結果 6脚ブロック堤に関する反射波および透過波について実験した結果を示すと(図-2)および(図-3)のとおりである。図の曲線は実験値の上限をつらねたものである。(6)式によりブロック堤により失われるエネルギー E_b を求めて E_b/E_t と沖波波形勾配 H_0/L_0 の関係を示すと(図-4)のとおりである。不透過斜面上に2尺整積みした異形ブロック(8^c)について行なった反射率の実験結果を示すと(図-5)のとおりである。図中には不透過斜面(板)について行なった実験結果も記入してある。(図-6)は6脚ブロック2尺整積み(8^c)により失われるエネルギー E_b および $k E_b$ を(6)式(7)式より求めて H_0/L_0 との関係を示したものである。これよりブロック下面の不透過面で反射された波のエネルギーが再び前面に流出する場合に生じるエネルギー損失の係数 k を求めると(図-7)に示すとおりである。

5. 実験結果の考察および結論 6脚ブロック堤に関する上記の実験結果から波の透過, 反射, および越上に関して次のことが言える。1) 透過率 ①実験に用いた6脚ブロック堤の透過率は10~50%の範囲にあり, H_0/L_0 が小さい波浪に対して透過率は大きくなる。② H_0/L_0 が同じ場合は, k/L_0 が大きい波浪ほど透過率は大きい。③乱積みに対して行なった実験結果より空隙率が大きいものほど透過率は大きいといえる。④空隙率がほぼ等しい場合で, ブロックの大きさだけが異なる実験(N0②⑤⑥)を比較すると $H_0/L_0 = 0.02 \sim 0.03$ 付近を境にして透過の性質が変わる。すなわち $H_0/L_0 < 0.02 \sim 0.03$ では, 表尺ブロックが大きいものほど透過率は大きく, $H_0/L_0 > 0.02 \sim 0.03$ では逆に小さくなる。また実験(N0④⑤)を比較すると $H_0/L_0 < 0.03$ では内尺ブロックが大きい方が透過率は大きく, $H_0/L_0 > 0.03$ では逆に小さくなる。⑤上記ブロック堤断面で行なった他の異形ブロック堤と比較すると, 6脚堤の透過率はアコモシ堤とはほぼ同じでテトラポッド堤より5~10%小さい。2) 反射率 ①乱積みした6脚ブロック堤(法勾配 1:4/3)の反射率は16~35%の範囲にあって, H_0/L_0 が小さい波浪ほど反射率は大きい。②内尺を同一にして表尺を8, 16, 21^tのブロックで乱積みした場合, 空隙率は55~57%でほぼ等しいが, この範囲においては反射率はいずれの場合もほぼ同じである。③ブロックを乱積みした場合(N0②④⑤⑥)(写真-7)は整積みした場合(N0③)(写真-8)より反射率はほぼ15~20%小さい。④異形ブロック2尺整積みによる反射率は6脚ブロック(写真-1, 2)の場合は下面の透過性に関係なくほぼ同じである。中空4脚(写真-3, 4)およびテトラポッド(写真-5, 6)の場合は, 下面が透過の場合は5%および7~10%のおおの様に減少する。3) 越上率 ①乱積みおよび整積みした6脚ブロック堤の越上率は60~180%の範囲にあるが傾向としては $H_0/L_0 = 0.01 \sim 0.03$ 付近に越上率のピークがあるようでこれより H_0/L_0 が大きくなると越上率は減少する。この傾向は不透過斜面上に設置した2尺整積み異形ブロックに関しても同様である。②ブロック堤内尺を同一にして表尺を8, 16, 21^t

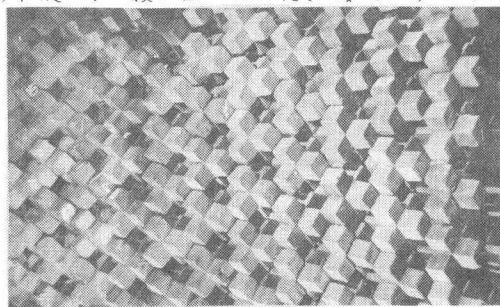


(写真-8)

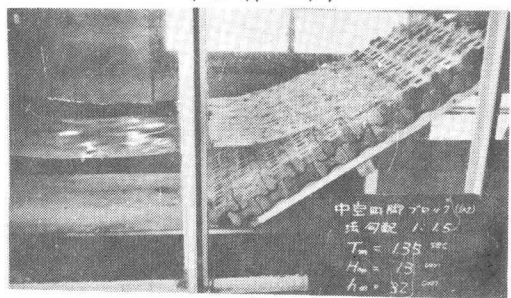
のブロックで乱積みした場合、遡上率は表尻のブロックの大きさには関係なく空隙率が大きいほど小さくなる。また表尻のブロックを一定にして内尻に小さなブロックを用い、空隙率を小さくすると遡上率は大きくなる。③上記ブロック堤断面で行なった他の異形ブロック堤の遡上率と比較すると、6脚堤の遡上率はアクモン堤とほぼ同じ傾向で、テトラポッド堤より一般に20~40%大きい。今後、係数 k



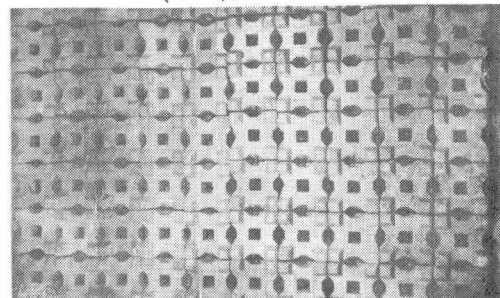
(写真-1)



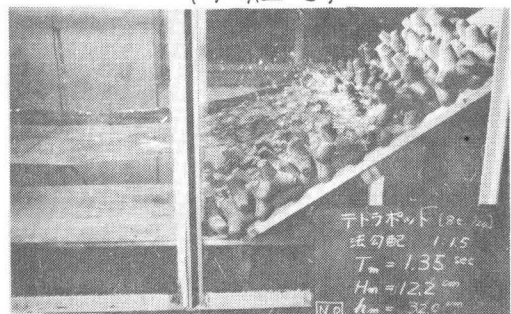
(写真-2)



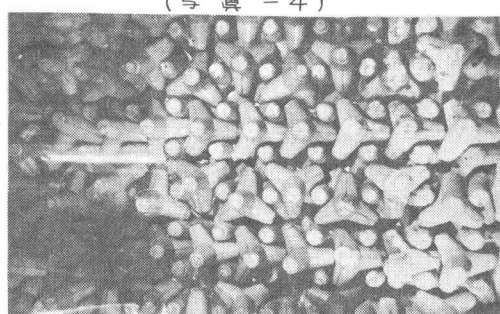
(写真-3)



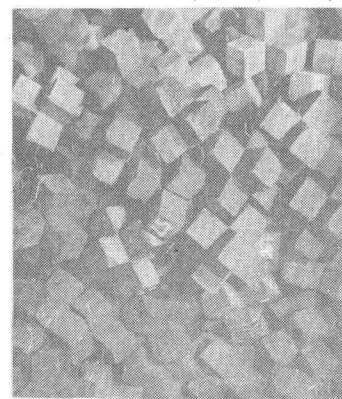
(写真-4)



(写真-5)



(写真-6)



(写真-7)

