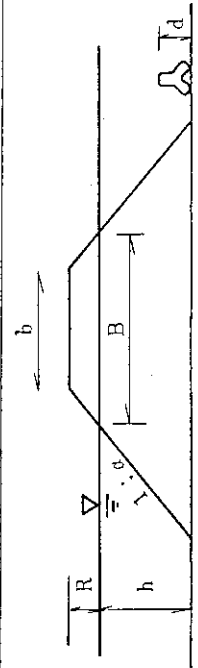


及 川 研* 宮 地 陽 輔**

表-1 実験条件

実験 ケース 番号	堤				体		α	フ ッ ク		種 類	n(%)	d(cm)	B/d	T(sec)	L _f (cm)	H _f (cm)	H _f /L _f
	b(cm)	R(cm)	B(cm)	h(cm)													
①	23.6	13.0	58.3	27.0	I	1.33	50		12.1	4.82	1.4 1.8 2.2	209~347	2.27~13.20	0.0022~0.0629			
②	34.8	13.0	69.5	27.0						5.74			1.38~13.03		0.0040~0.0623		
③	56.0	13.0	90.7	27.0						7.50			1.80~12.53			0.0070~0.0550	
④	85.6	13.0	117.6	27.0						9.72			2.33~11.30				0.0089~0.0574
⑤	34.8	13.0	69.5	40.0						5.74	1.68~13.95	0.0051~0.0584					
⑥	17.2	12.0	49.2	25.0						5.41	1.83~12.10	0.0055~0.0614					
⑦	26.0	12.0	58.0	25.0						9.1	1.4 1.8 2.2	200~333	1.97~12.40	0.0059~0.0629			
⑧	42.8	12.0	74.8	25.0									8.22	2.40~12.05	0.0070~0.0612		
⑨	11.2	9.0	35.2	25.0						7.2	1.2 1.4 1.8 2.2	167~333	2.40~10.03	0.0072~0.0596			
⑩	16.4	9.0	40.4	25.0									5.61	2.20~12.36	0.0066~0.0618		
⑪	27.2	9.0	51.2	25.0									7.11	2.40~11.67		0.0072~0.0578	
⑫	36.4	13.0	75.4	27.0	II	1.50	55	11.4	6.61	1.2 1.4 1.8 2.2	167~333	1.40~11.97	0.0040~0.0573				
⑬	97.1	13.0	136.1	27.0					11.94			1.30~12.10	0.0037~0.0579				
⑭	19.5	11.0	52.5	27.0					5.65	1.2 1.4 1.8 2.2	167~333	1.23~12.03	0.0035~0.0576				
⑮	29.2	11.0	62.2	27.0					6.69			1.18~11.87	0.0034~0.0568				
⑯	48.7	11.0	81.7	27.0					8.78			1.12~12.57	0.0032~0.0599				
⑰	15.5	9.0	42.5	27.0					5.82	1.2 1.4 1.8 2.2	167~333	1.07~12.67	0.0031~0.0609				
⑱	23.2	9.0	50.2	27.0					6.88			1.27~12.87	0.0037~0.0616				
⑲	98.7	9.0	65.7	27.0					9.00	1.37~12.40	0.0039~0.0614						
⑳	33.4	13.0	72.4	27.0					12.2	1.2 1.4 1.8 2.2	167~333	1.00~12.33	0.0029~0.0614				
㉑	53.4	13.0	92.4	27.0								5.93 7.57	1.12~12.83	0.0032~0.0614			

縮尺 1/25
のり勾配 1 : α
空隙率 $n\%$



は②や⑧と比較して近似度が多少悪くなっている。しかし、今回の実験では近似度が悪い場合でも実験ケース①や④程度であり、大部分は図-2に示す程度の近似度であった。このように式(2)は実験値をかなりの程度近似でき、かつ式中の定数が K のみという簡単なたちでもあるので、特定断面の K_t と H_i/L_i との関係を表わす上で有効な近似式と考えられる。

2) 堤体幅、ブロックの大きさおよび形状が伝達波特性に与える影響

堤体幅の影響を検討するために同じ大きさの同一形状ブロックを用い、堤体幅のみを変化させた実験を行った。その一例（Iブロックで $d=12.1$ cm）が前出の図-3である。図-4は、同じ結果を今度は堤体幅を横軸にし、 H_i/L_i をパラメータにして描いたものである（ただし堤体幅としては静水面上の幅 B を用いている）。これらの図を見ると、当然のことながら B が増大すると K_t は減少しているが、その減少の度合いは H_i/L_i により異なり、 H_i/L_i が小さいほど B の影響が減少していることがわかる。

図-5は、 B がほぼ同一なIブロックについて、そのブロック寸法 d の異なる実験ケース①、⑦、⑪の結果を比較したものである。これを見ると、 $d=7.2$ cmの場合は B が最小にもかかわらず伝達率が最も低くなっており、 $d=9.1$ cmの場合がそれに続いている。これは B が同一でも小さいブロックを用いた方が、伝達率が低くなることを意味する。

上述の結果は同一形状のブロックについての結果であるが、ブロック形状による伝達波特性の違いを見るために、 B および d がほぼ同一な条件で、3種のブロックに

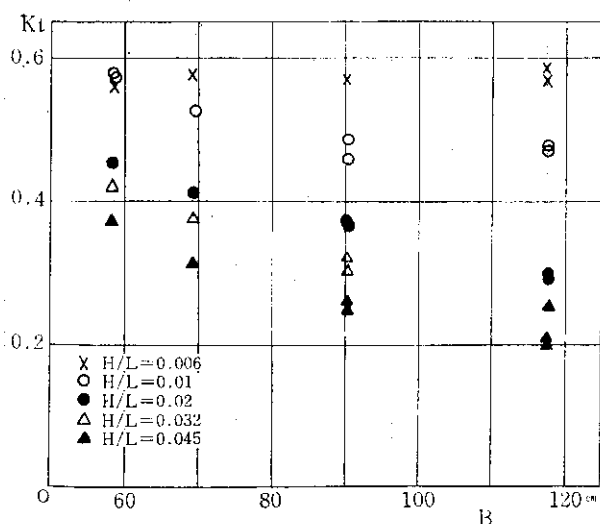


図-4 伝達率 K_t と堤体幅 B の関係

ついて実験した。結果を図-6に示す。これを見るとブロックの種類にかかわらず式(2)がかなり良い近似曲線となっているが、伝達率にはそれぞれ差があり、これにはブロック形状やブロック独自ののり勾配、空隙率などが複雑に影響していることが考えられる。

式(2)中の定数 K は特定断面の伝達波特性を包括した定数と考えることができるが、その値には断面諸元（堤体幅、のり勾配、天端高）、ブロックの大きさや形状、空隙率などが関係するものと思われる。以下では上記の実験結果をふまえ、特に K と B 、 d との関係およびその関係に与えるブロック寸法あるいは形状の影響を検討する。

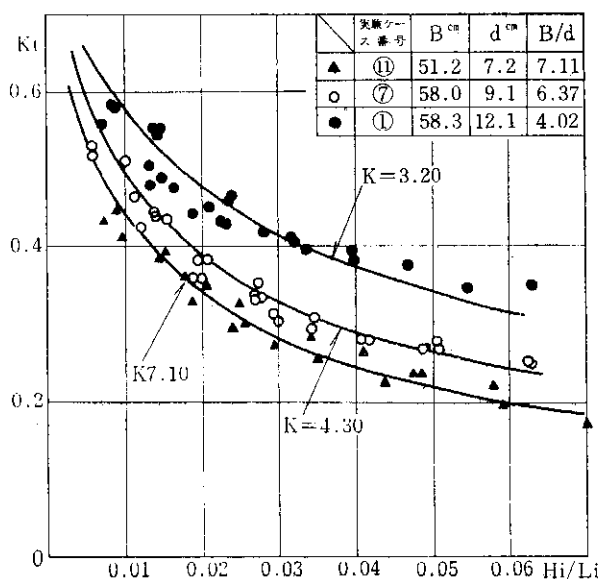


図-5 伝達波特性に対するブロック寸法 d の影響

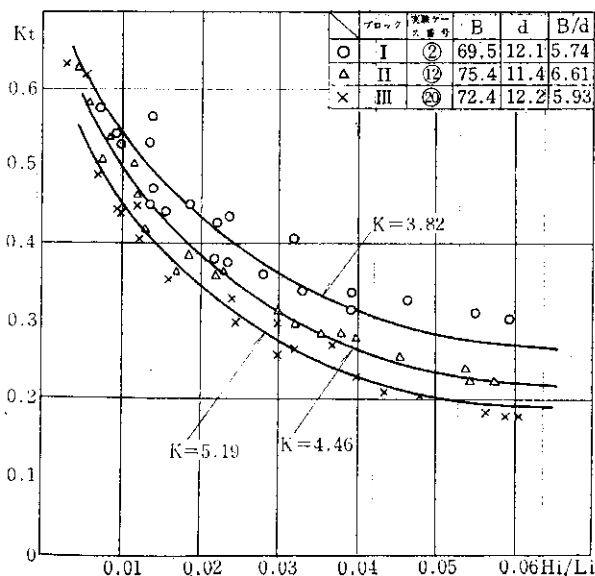


図-6 伝達波特性に対するブロック形状の影響

高伝達率との関係を検討するため、各々のブロック重量に対し、2, 3種類変化させた。天端高 R は、ほぼ越波が生じない値として設計波高の0.6倍が通常現地で採用されているが、この実験では越波を完全に防止する目的で、それより高めの値を用いて実験を行った。

波高の測定は抵抗線式波高計を使用し、ビジグラフに記録させ読取った。入射波高 H_i は、初めに無堤時で実験を行い、両側の水路でその波高および位相が一致することを確認した上で、堤体の設置されていない幅0.42mの水路での波高を入射波高として読取った。伝達波高 H_t は堤体背後の2カ所で測定し、上記の入射波高 H_i との比 H_t/H_i により波高伝達率 K_t を算出した。また反射率 K_r は、堤体前面に生ずる最大波高 H_{max} と最小波高 H_{min} を測定し、ヒーラーの式

$$K_r = \frac{H_{max} - H_{min}}{H_{max} + H_{min}} \quad (1)$$

により算出した。

今回行った各々の実験ケースにおける堤体、ブロック、波の諸元を一括して表-1に示す。

3 実験結果および考察

(1) 波高伝達率

1) 波高伝達率 K_t と波形勾配 H_i/L_i との関係

図-2は実験ケース②および⑤の結果について、波高伝達率 $K_t = H_t/H_i$ と入射波の波形勾配 H_i/L_i との関係を

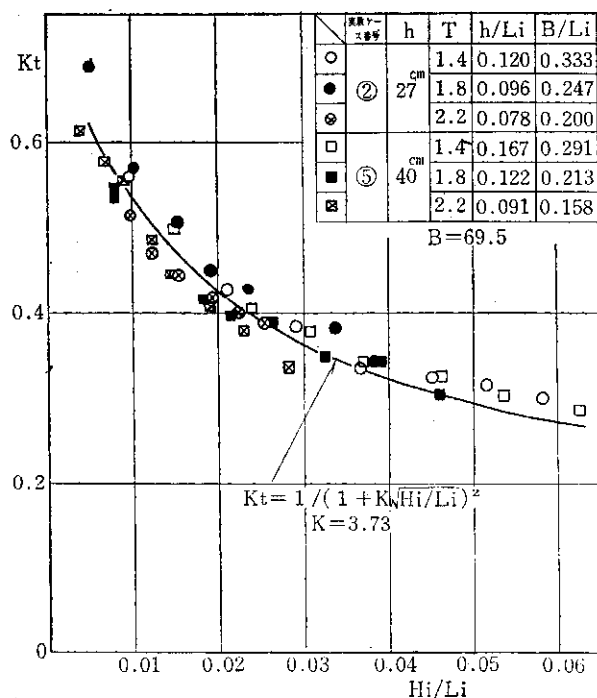


図-2 波高伝達率 K_t と波形勾配 H_i/L_i の関係

相対水深 h/L_i をパラメーターとして示したものである。実験ケース②は水深 $h=27$ cm, ⑤は $h=40$ cm の実験であるが、水面上の堤体幅 B は一致させている（なお、この時の水深と実験波高との比は $h/H_i > 0.35$ である）。この図を見ると K_t は h/L_i により多少変化は見られるが、その変化量は高々5%程度であり、この程度の h/L_i ではその影響は無視できそうである。したがって、水面上の堤体性状が一定であれば、その波高伝達率 K_t はほぼ H_i/L_i のみにより決定され、またその値は H_i/L_i の増加とともに指数関数的に減少している。

沼田らは、合田により金網型フィルターを対象として提案された理論式をもとにして、越波が生じない場合の K_t と H_i/L_i との関係を

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} = \frac{1}{(1 + K \sqrt{H_i/L_i})^2} \quad (2)$$

で表わしている。本実験にも式(2)が適用できるものとして実験値から式(2)の定数 K を逆算して求め、それを描いたものが図-2の曲線である。図-2の場合、式(2)の近似度はかなり良いことがわかる。今回行った他の実験ケースに対しても同様に式(2)を適用してみた。図-3は実験ケース①～④の結果について、 K_t と H_i/L_i との関係を示したもので、図中には各ケースに対する式(2)による近似曲線と定数 K の値もあわせて示してある。総じて式(2)による曲線と実験値とは2点で交わっており、交点の間では実験値の方が小さくなっている。そして、これらの交点は上方の曲線 (K の値が小さい) ほど左へ移動しているのが見受けられる。その結果、実験ケース①と④の場合

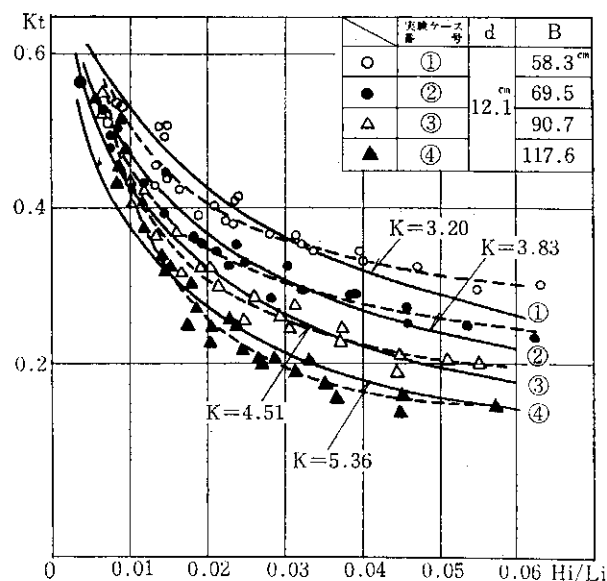


図-3 伝達波特性に対する堤体幅 B の影響

¹⁾²⁾ 沼田らは、堤体幅 B とブロック寸法 d との比 B/d を導入し、ブロックの大きさと堤体幅とを変化させた実験を行って K と B/d との関係を検討している。この B/d という無次元量は、図-5に示した結果から K となんらかの関係がある量と思われるが、単に B と d の比というだけでなく、 $1 \times 1 \times B$ なる直方体に充填されたブロックの総表面積の大小を表示していることがわかる。すなわち、あるブロックの表面積 A 、体積 V は、 $A = \alpha d^2$ 、 $V = \beta d^3$ と表わされるから、空隙率を n として、 $1 \times 1 \times B$ なる直方体内のブロックの総表面積 ΣA は

$$\Sigma A = \frac{1 \times 1 \times B \times (1-n)}{V} A = \frac{B(1-n)}{\beta d^3} \alpha d^2$$

$$= \frac{(1-n)\alpha}{\beta} \frac{B}{d} \quad (3)$$

と導かれる。 $(1-n)\alpha/\beta$ はブロックにより定まる定数であるから、総表面積は B/d に比例することになる。

図-7は、式(2)中の定数 K と B/d との関係を検討する

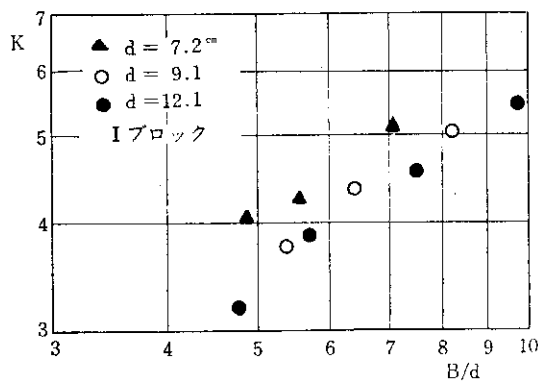


図-7 式(2)の定数 K と堤体幅・ブロック寸法比 B/d の関係 (ブロックの寸法別)

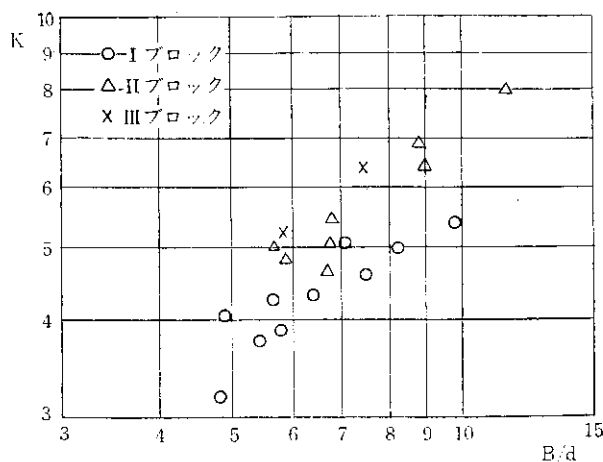


図-8 式(2)の定数 K と堤体幅・ブロック寸法比 B/d の関係 (ブロック形状別)

ため、両対数グラフ上に I ブロックの実験ケース①～⑪ (ただし⑥は水深が異なるので除く) の結果、すなわち、I ブロックの 3 種類の大きさ d に対し、各々 B/d を 3, 4 通り変化させた結果を示したものである。この図を見ると、 K は B/d とともに増大し、ほぼ直線関係にあることがわかる。また、同一の B/d に対する K の値は d が小さいほど大きくなっているが、これは K が B/d だけでなく、ブロックの大きさにも多少関係しているためと思われる。

次に定数 K と B/d の関係にブロック形状が与える影響について検討するため、両対数グラフ上に実験ケース①～⑪ (ただし⑥を除く) の結果をブロック別に示したものが図-8である。これから、ブロックが同一の場合、その寸法にかかわらず K と B/d がほぼ直線関係にあり、それらの直線の傾きはブロック形状にかかわらずほぼ同一であることがわかる。すなわち、 K と B/d の関係は

$$K = x(B/d)^y \quad (4)$$

と表示でき、 y はいずれのブロック形状に対してもほぼ同一であり、 x はブロック形状によって異なる定数といえる。また、堤体ブロックの総表面積 $(1-n)\alpha/\beta \cdot B/d$ を横軸にして K との関係を両対数グラフにプロットしたのが図-9である。こうすると図-8と比べブロック形状の差は少なくなることがわかるが、さらにブロックの凹凸やブロック独自の空隙率、のり勾配などが影響しており、こうした要素が図-9におけるブロックによる差となっていると考えられる。

(2) 反 射 率

図-10は、実験ケース②について反射率 K_r と入射波の波形勾配 H_i/L_i との関係を相対水深 h/L_i をパラメータ

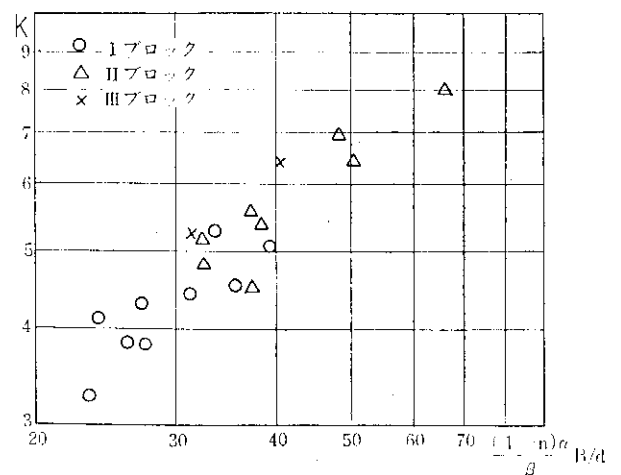


図-9 式(2)の定数 K とブロック

総表面積 $\frac{(1-n)\alpha}{\beta} \frac{B}{d}$ の関係

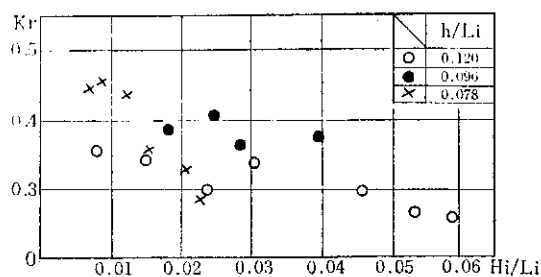


図-10 反射率 K_r と波形勾配 H_i/L_i の関係 (実験ケース③)

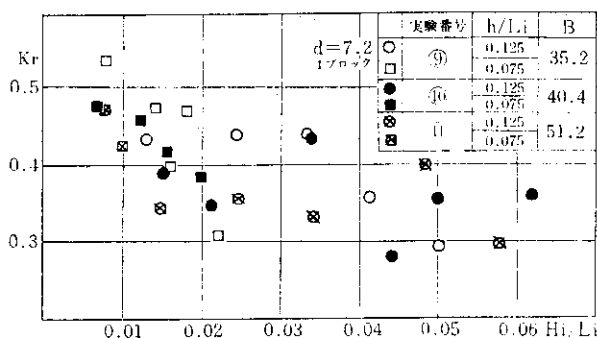


図-11 反射率 K_r に対する堤体幅 B の影響

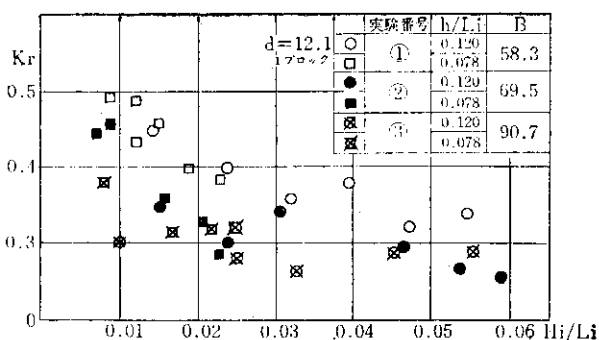


図-12 反射率 K_r に対する堤体幅 B の影響

一として示したものである。 K_r と H_i/L_i との関係は実験値がばらついているので、 K_r と H_i/L_i との場合ほど明確ではないが、ほぼ H_i/L_i が増加するにつれ K_r は減少する傾向をみせている。他の実験ケースもほぼ同様な傾向であった。次に、 K_r に対する堤体幅 B の影響について検討してみた。図-11はIブロックで $d=7.2$ cm の場合、図-12は同様に $d=12.1$ cm の場合である。両図とも図-10と同様にかなりのばらつきをみせているので断言はできないが、 K_r は堤体幅 B が増大するに従い若干減少する傾向をみせていると思える。

ブロックの形状による反射率の違いを図-13に示す。この場合も値にばらつきがあるが、ブロックによる差が

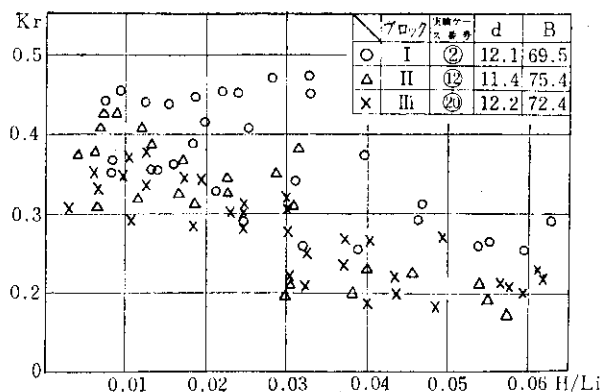


図-13 反射率 K_r に対するブロック形状の影響幅

若干見られる。近藤らは、内部に低透水性のコアを設けると伝達率はもちろん反射率も減少することを実験的に確かめている。これは透過性堤体の反射率には表面の性状だけではなく内部の性状もかなり影響することを意味するが、ブロック形状のみならずのり勾配あるいは空隙率の与える影響については今後検討すべき問題と思われる。

4 まとめ

実験結果およびその考察より得られた事項をまとめると次のようになる。

(1) 波高伝達率について

1) 水面上の堤体性状が一定であれば、その波高伝達率 K_t はほぼ入射波の波形勾配 H_i/L_i のみにより決まり、それは H_i/L_i の増加とともに指数関数的に減少する。

2) 式(2)は無越波時における特定断面の K_t と H_i/L_i との関係をかなりの程度近似でき、式中の定数 K を適正に選べば上記の関係を表示するうえで有効な近似式と考えられる。

3) 堤体幅 B の増大に伴う K_t の減少の度合は H_i/L_i により異なる。すなわち、 H_i/L_i の減少とともに B の増大の影響は減少し、 $H_i/L_i < 0.01$ になるとほとんど影響はなくなる。

4) 堤体幅が同一でも小さいブロックを用いた場合の方が伝達率は小さくなる。

5) 特定断面の伝達波特性を包括した定数と考えられる式(2)中の K と、 B および d との関係を検討したところ、 K は B/d とともに増大するが d とも若干関係あることがわかった。

6) また同一形状ブロックの K はほぼ B/d のみで関係づけられるが、その関係はブロック形状により若干異

なる。

(2) 反射率について

1) 反射率 K_r は H_i/L_i の増大とともに減少する傾向をみせている。

2) 値にかなりばらつきがあるが、 K_r は堤体幅 B の増大とともに若干減少する傾向をみせている。

今後はブロックの大きさ、水深および堤体幅をもう少し広範囲に変化させた実験を行うとともに、ブロックの種類のような要素が伝達波特性に影響を与えるか、また反射率に対する堤体幅、のり勾配、空隙率の影響について検討し、さらには越波時の特性や中詰の効果について検討したいと考えている。

参 考 文 献

1) 岩崎・沼田；「透過性防波堤の波高伝達率に関する

実験的研究」，第 16 回海岸工学講演会論文集，(1969)

2) 沼田；「ブロック堤の消波効果に関する実験的研究」第 22 回海岸工学講演会論文集，(1975)

3) 服部・堺；「ブロック積防波堤の波高伝達率に関する実験的研究」，第 20 回海岸工学講演会論文集，(1973)

4) 三浦・遠藤；「ブロック積傾斜防波堤の波高伝達率に関する実験的研究」，第 23 回海岸工学講演会論文集 (1976)

5) 鴻上・時川；「異形ブロックの消波効果に関する一考察」，土木試験所月報第 188 号，(1967)

6) 近藤・藤西・葛西；「透過性防波堤におけるコアの効果に関する研究」，第 22 回海岸工学講演会論文集，(1975)

*

*

*