

II-400

消波堤の透過率に関する空隙スケールの効果

大阪工業大学大学院 学生員 ○菅 智浩
大阪大学工学部 正員 榎木 亨
大阪工業大学 正員 井田 康夫
大阪工業大学 正員 後野 正雄

1. まえがき

透過性構造物において適度な透過波浪や海水交換の効果を考慮する場合、透過率に対する堤体の特性と入射波の特性との関係を明らかにしておかなければならない。この点から堤体内部の抵抗を考える場合、波高と空隙の大きさの比が重要な因子となる点に着目し、テトラポッドを用いた実験より、透過率は波高代表径比(H_1/d)、相対堤体幅(B/L)に大きく支配され、波形勾配(H_1/L)の影響は H_1/d 、 B/L を固定するとそれほど大きくないことを示し、そして透過率(K_T)、 H_1/d および B/L の関係が

$$K_T = C (H_1/d)^\beta (B/L)^\gamma \dots (1)$$

ここで C : 波形勾配、水深波長比によって決まる定数 β, γ : 波形勾配によって決まる定数で示されることはすでに指摘した¹⁾。そこで本報はさらに基本的な空隙を有し、かつ空隙構造の異なるガラス球および塩化ビニール製パイプ(以後パイプと称する)を用いた直立堤により透過率に対する堤体特性と入射波特性との関係を明らかにし、それぞれの堤体材料において式(1)を適用し、テトラポッド堤における算定式と比較検討を行おうとするものである。

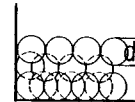
2. 実験

実験は高さ0.9m、幅0.8m、長さ30mの造波水槽に、ガラス球と内部をモルタルで充填したパイプをそれぞれ図-1に示すように丁寧に積み上げ、表-1に示す直立堤を構築した。実験に用いた入射波はすべて規則波で表-2に諸元を示す。透過波高は堤体後面より常に約2m離れた位置で測定し、水槽側面に貼付したスケール(最小目盛1mm)上の水位変動をビデオで記録し、読み取った。

3. 実験結果と考察

実験値は h/L 、 H_1/L 、 H_1/d 並びに B/L で整理するが、このうち h/L は大きく分類して0.100, 0.125の2種類しかないことから h/L 一定のもとで他の3因子と透過率の関係について考察する。

ガラス球堤



パイプ堤

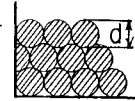


図-1 堤体断面

表-1 構造物の諸元(単位: cm)

堤体材料	代表径(d)	堤体幅(B)
ガラス球堤	1.6	20, 30, 40, 60
	2.5	20, 30, 40, 60
	3.8	20, 30, 40, 60
パイプ堤	4.8	20, 30, 40, 60
	6.0	20, 30, 40, 60
	10.5	20, 40, 60, 100

表-2 実験波の条件

	ガラス球堤	パイプ堤
水深 h (cm)	40~65	35~70
波高 H_1 (cm)	6.0~17.4	5.9~18.8
周期 T (sec)	1.8~2.6	1.6~2.4
波長 L (cm)	327~593	269~577
h/L	0.095~0.131	0.100~0.130
H_1/L	0.010~0.047	0.012~0.063
波の個数	10	10
総実験数	118	120

(1) 波高代表径比(H_1/d)と透過率

透過率と H_1/d の関係を H_1/L を固定し、 B/L をパラメータにしたものを図-2(ガラス球堤)、図-3(パイプ堤)に示す。両図からガラス球堤の場合には H_1/d の増加に伴い透過率は直線的に減少することがわかる。一方パイプ堤の場合は B/L により明確な減衰がある場合もあり、ない場合もある。このようにガラス球堤の場合、波の大きさと空隙の大きさの比、つまり波高と代表径の比が透過率に大きく関係し、この比が大きくなるほど透過率は小さくなる。これはテトラポッドにおける場合と同様に波高は水粒子速度を与える代表値、代表径が空隙形状を特定した場合の透水係数を表し、この比が堤体内部の運動や抵抗を表現する重要な量であることを示す。

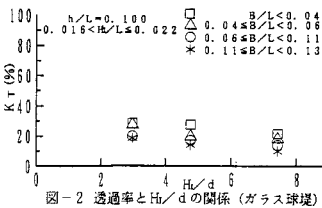


図-2 透過率と H_1/d の関係(ガラス球堤)

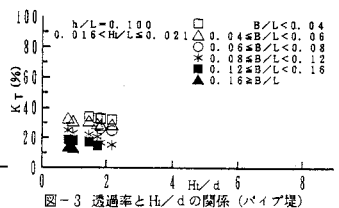


図-3 透過率と H_1/d の関係(パイプ堤)

(2) 相対堤体幅(B/L)と透過率

透過率と B/L の関係を、 H_1/d を固定し、 H_1/L をパラメータにしたものを図-4(ガラス球堤)、図-5(パイプ堤)に示す。両図からいずれの堤体材料においても B/L の増加に伴い透過率は直線的に減少することが分かり、他の条件においてもこの

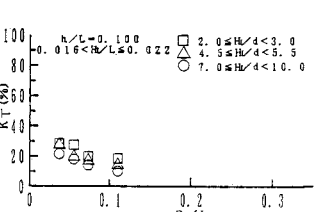


図-4 透過率と B/L の関係(ガラス球堤)

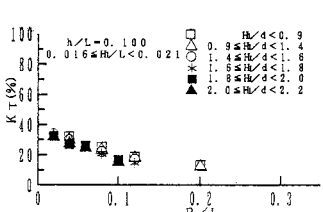


図-5 透過率と B/L の関係(パイプ堤)

関係は認められる。このことはすでに多くの人によって指摘されていることであり、透過率に及ぼす影響は非常に大きい。

(3) 波形勾配 (H_1/L) と透過率

透過率と H_1/L の関係を、 B/L を固定し H_1/d をパラメータにしたものを図-6（ガラス球堤）、図-7（パイプ堤）に示す。両図共に堤体材料の種類にかかわらず H_1/L の増加に伴う透過率の変化は余り大きくない。この傾向は他の条件においても同様に認められる。このように h/L , H_1/d , B/L の条件を固定すると透過率に及ぼす H_1/L の影響は従来言われているほど小さくなく、 H_1/d , B/L が卓越することが明らかになった。

4. テトラポッド堤との比較

ガラス球堤について式(1)を導入し、テトラポッド堤における算定式との比較検討を行う。まず実験データを波形勾配別に分類しそれぞれを水深波長比別に多変量解析を行ない、合計10個の C , β , γ を得た。次に C , $|\beta|$, $|\gamma|$ と H_1/L の関係を図-8, 9, 10に示す。いずれの図においても H_1/L との間に線形関係が認められた。次にそれぞれについて回帰式を求め、表-3の結果を得た。これらの回帰式に対する相関係数は0.670～0.979であり平均的には0.83の良好な相関関係を有している。一方パイプ堤についても同様の検討を行ったがガラス球堤やテトラポッド堤とは異なり良好な結果は得られなかった。そこでガラス球堤とテトラポッド堤について式(1)と表-3を用いて透過率を算定し、その結果の一例を図-11に示す。これらの図よりガラス球堤とテトラポッド堤の透過率はよく似た傾向を示し、透過率に対する H_1/d , B/L , H_1/L の特性は類似しているものと考えられる。（ただし透過率そのものは同一条件下ではガラス球堤の方がわずかに小さくなっている。）

これらのことから、式(1)の表記法はガラス球堤、テトラポッド堤など空隙が三次元的な空隙を有する場合には適用できるが、パイプ堤のように空隙の特性が異なる場合には適用が難しいものと判断して差し支えなかろう。このことは透過性構造物における波のエネルギー逸散が空隙の形状と強い関係があることを示唆するものであり、空隙形状の効果をいかに消波効果に取り込むかが今後の問題点といえる。

5. むすび

規則波を用いて直立堤を対象に透過率の実験を行ない入射波の大きさと空隙スケール等について考察を行ない、次の結論を得た。

- ① 堤体材料の種類にかかわらず透過率は H_1/d , B/L (但し H_1 : 入射波高, L : 入射波長, d : 代表長さ, B : 堤体幅) に大きく支配されこれらの増加に対し指数関数的または直線的に減少する。
- ② 波形勾配の影響は H_1/d , B/L を固定するとそれほど大きくない。
- ③ 式(1)はガラス球堤においてもテトラポッド堤の場合と同様、良好な結果を得ることができるがパイプ堤では、空隙形状の特性がこれらと異なるため、式(1)による表現は適切ではない。

(参考文献)

1) 榎本 亨・井田 康夫・福田 義: 消波堤の透過率に対するブロックスケールの効果について、海洋開発論文集 vol. 6, 1990

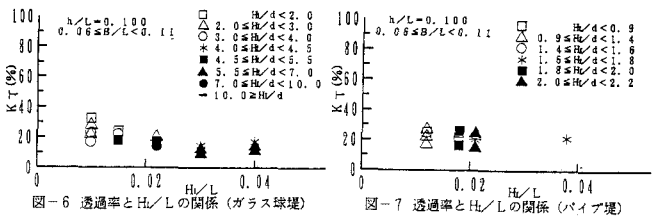


図-6 透過率と H_1/L の関係 (ガラス球堤)

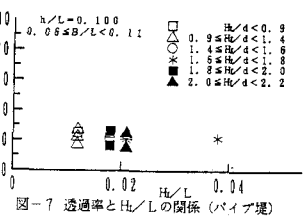


図-7 透過率と H_1/L の関係 (パイプ堤)

表-3 透過率算定式係数一覧

$$K_T = C (H_1/d)^a (B/L)^b$$

ガラス球堤	$C = a_1 + b_1 (H_1/L)$		$\beta = a_2 + b_2 (H_1/L)$		$\gamma = a_3 + b_3 (H_1/L)$	
	a_1	b_1	a_2	b_2	a_3	b_3
$h/L=0.100$	0.097	-1.124	-0.38	-2.3	-0.520	-3.5
$h/L=0.125$	0.108	-0.968	-0.41	-2.4	-0.471	-6.2
テトラポッド堤	$C = a_1 (H_1/L)^{a_1}$		$\beta = a_2 + b_2 (H_1/L)$		$\gamma = a_3 + b_3 (H_1/L)$	
$h/L=0.100$	0.058	-0.250	-0.41	-4.2	-0.280	-5.5
$h/L=0.125$	0.090	-0.160	-0.41	-4.2	-0.280	-5.5

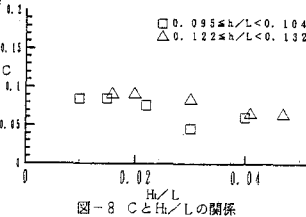


図-8 C と H_1/L の関係

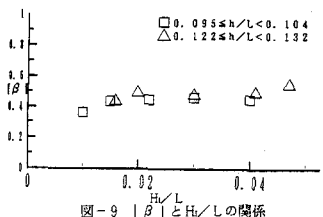


図-9 $|\beta|$ と H_1/L の関係

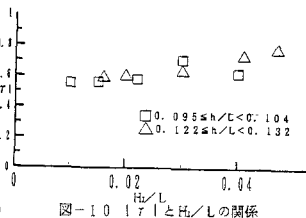


図-10 $|\gamma|$ と H_1/L の関係

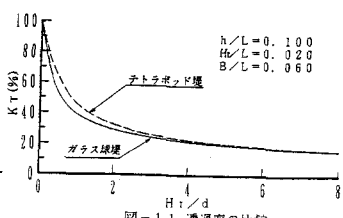


図-11 透過率の比較