

大阪大学工学部 正 員 榎木 亨  
大阪大学大学院 学生員 ○草川 弘

### 1. 緒言

著者らは、ここ数年堤防前面の洗掘現象の解析につとめ、実験および理論的に反射率と洗掘との密接な関連性について明らかにした。しかしながら、その後反射率の小さい場合（例えば複合断面消波堤の場合）においては洗掘が反射率のみで左右されるのではなく、波の堤体の空隙への砂の持ち込みなどの現象が大きな影響を与えること、および透過堤においては空隙率のみならず空隙を構成するブロックの大きさと波高との相対的な大きさが波の反射および堤防前面の洗掘に大きな影響を与えることが判明したので本講演会でそれについて報告するものである。

### 2. 実験装置および実験方法

実験は長さ30m、巾0.8m、深さ0.9mの片面ガラス張りの鋼製造波水槽を用い、その一端に1/15の勾配の木製固定床を設け、その上に底質粒径 $d_{50}=0.42\text{mm}$ の実験砂を敷き、図-1に示す複合断面消波堤を設置した。仮想法面角度 $\alpha$ は $10^\circ$ から $45^\circ$ （単断面）まで9種類変化させた。実験波および実験諸元は表-1に示す。透過堤を構成するブロックは $\phi 30\text{mm}$ 、 $25\text{mm}$ 、 $12\text{mm}$ の3種類のガラス球（空隙率約45%）を用い、そのそれぞれについて行なった。底面変化の測定は先の実験で60分で平衡状態に達したので、波の作用時間を60分とし、0分から5分毎に60分後までポイントゲージを用いて測定した。波高は堤防前面3mの間を水路中心線にそって5cm間隔に抵抗線式水位計で記録し、その各点の波高を用いてHealyの部分重複波理論で反射率を求めた。

図-1 複合断面消波堤模型

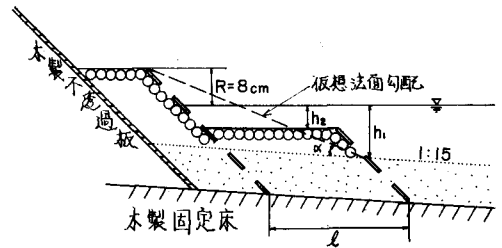


表-1 実験諸元

|             |            |                                                                                |
|-------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 波形勾配        | $H_{yL_0}$ | 0.02 0.03                                                                      |
| 法先水深        | $h_1$      | 8 cm 6 cm 4 cm                                                                 |
| 小段水深比       | $h_a/h_1$  | 0 0.2 0.4 0.6                                                                  |
| 仮想法面<br>角 度 | $\alpha$   | $10^\circ 12^\circ 15^\circ 20^\circ$<br>$25^\circ 30^\circ 40^\circ 45^\circ$ |
| ガラス球の径      | D          | 30 cm 25 cm 12 cm                                                              |

実験波特性

|   | 周 期 T    | 沖波波高 $H_0$ | 波形勾配 $H_{yL_0}$ |
|---|----------|------------|-----------------|
| A | 1.60 sec | 8 cm       | 0.02            |
| B | 1.31 sec | 8 cm       | 0.03            |

### 3. 反射率に関する考察

上記の方法で求めた反射率と仮想法面角度との関係を図-2に示す。図から明らかなように、いずれの法面角度においても透過堤の反射率と不透過堤の反射率との比はほぼ一定の割合で小さくなるのがわかる。一方複合断面における法面角度と反射率の関係は、透過不透過をとわず、室田・山田が一様勾配断面において指摘したと同じように、法面角度の減少とともに単調に減少するのではなく、ある法面角度において反射率の極大値および極小値をもつことがわかる。反射率が極大値を示す場合（ $H_{yL_0}=0.02$ の時  $\alpha=20^\circ$ 、 $H_{yL_0}=0.03$ の時  $\alpha=15^\circ$ ）の小段長さ $l$ と波長 $L_0$ との関係を求めると

$h_1/L_0=0.02$ の場合、 $h_1/L_0=0.955$ 、 $h_1/L_0=0.03$ の場合、 $h_1/L_0=0.920$ となりほぼ等しくなり、小段上をもどる反射波と入射波の位相の相関が反射率に大きな影響を与えると考えられ、室田・山田の考察を裏付けるものといえる。

#### 4. 洗掘にたいする空隙の効果

堤防の空隙は反射率を小ならしめる点からは洗掘にたいして安全側であるが、逆に空隙内へ砂が埋め込まれ法先で漂砂量の不均衡が生じ、これが原因となる洗掘が生じる恐れもある。著者の一人は以前に反射率を小さくするために消波堤の複合断面構造を提唱したが、この砂の埋め込み効果が消波堤の規模によって左右されるものと考えて、法先最大洗掘深さ  $\Delta h$  と小段容積との関係を図-3に求め、洗掘に対する最適複合断面形状を求めようとした。図の縦軸は最大洗掘深の無次元量  $\Delta h/H_0$ 、横軸は堤体容積の無次元量と  $\delta = \tan^{-1} \frac{h_1}{L_0(h_1-h_2)}$  なる表示で示したものである。 $\delta=90^\circ$  は単断面  $\alpha=45^\circ$  に匹敵する。図から明らかなように  $\delta$  が小さな傾域 ( $\alpha=10^\circ \sim 15^\circ$ ) においては透過性による洗掘減衰の効果が現れず、不透過堤とほぼ同程度の洗掘深さになることがわかる。特に  $h_1/H_0=0.5$  といった浅い法先水深の場合には埋め込みによる洗掘増大の効果が顕著に現われている。 $h_1/H_0=0.75$  の場合には法先水深がかなり碎波点に近く、したがって直接碎波の巻き込みに起因する洗掘の効果が大きいため、ほぼ反射率に比例するような洗掘深さの値を示し、図からは埋め込みによる効果は明確にはとらえられない。以上のように水深の浅い傾域に堤防を設置した場合には空隙内への砂の埋め込みによる洗掘の増大に注意を要しよう。

#### 5. 洗掘におよぼす波高と空隙を構成するブロックの大きさとの相対的大きさの影響

同一堤防断面でも、波高と空隙を構成するブロックとの相対的大きさにより、反射率および最大洗掘深さに対して異なった効果をもつことを、ガラス球の径を変化させることによって調べたがその詳細については講演時に述べる。

(注) 才14回 海岸工学講演会講演集

図-2. 反射率と假想法面角度の関係

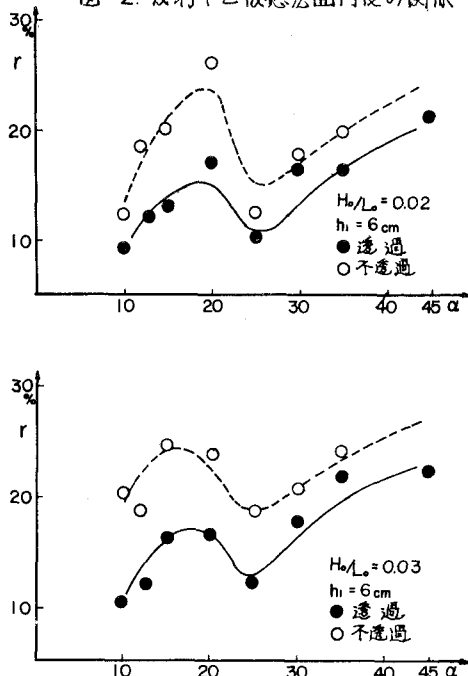


図-3 堤体容積と最大洗掘深さの関係

