

大阪大学大学院 学生員○荒木進歩
東亜建設工業(株) 藤重正洋
大阪大学工学部 正会員 出口一郎

1. はじめに

これまで捨石防波堤に用いる捨石の安定重量の算定にはHudson式が用いられているが、静的な力のつり合いから導かれた式であるので、波の作用による捨石の移動は許容されていない。捨石防波堤は背後の海域を静穏に保つことが重要な機能であるので、捨石が移動し断面が変形しても防波堤としての機能が保たれていれば問題はないと言える。本研究ではより安全で、合理的な防波堤の設計を目指すために防波堤の断面変形を許容して研究を進めるが、このような考えのもとでは防波堤の機能の損失限界を明らかにする必要がある。

そこで本研究では、水理実験により捨石防波堤の断面変形を測定し、平衡断面形状について検討する。また、断面の変形に伴う消波機能の変化については、遡上高さを測定することにより検討する。さらに、斜面上の捨石の移動に寄与する水粒子速度および作用波力を測定し、断面の変形と合わせて議論する。

2. 水理実験

水理実験は図-1に示す屋外2次元大型水槽を用いて行った。法先の水深は48cm、捨石防波堤の斜面勾配は1:2, 1:3および1:5の3種類とし、それぞれの勾配に対して有効粒径 $D_{50}=1.35\text{cm}$ と4.1cmの碎石を用いて作成した。断面変形に関する実験は、波高10~22cm、周期1.6~3.0秒の規則波を800波入射させ、断面形状は200, 400, 800波入射後に測定し、あわせて遡上高さも測定した。また水粒子速度および波力の測定は、断面変形実験と同様に斜面勾配3種類、粒径2種類の捨石防波堤に対し、同様の規則波を入射させ、静水面から水深5cmごとに設定した斜面上の5点で斜面方向と斜面垂直方向を測定した。なお、水粒子速度の測定には超音波ドップラー流速計を、波力の測定にはキャンティレバー型波力計を用いた。

3. 実験結果

入射波の特性、斜面勾配および粒径の違いにより堆積型、侵食型および遷移型の3つのタイプの平衡断面が得られた。代表的な例を図-2に示す。ここでは $D_{50}=1.35\text{cm}$ のケースのみを示すが、 $D_{50}=4.1\text{cm}$ のケースでは捨石の重量が重いため、捨石の移動が少なく、ほとんど変形しない

Susumu ARAKI, Masahiro FUJISHIGE, Ichiro DEGUCHI

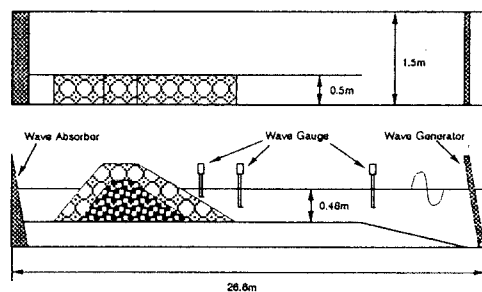
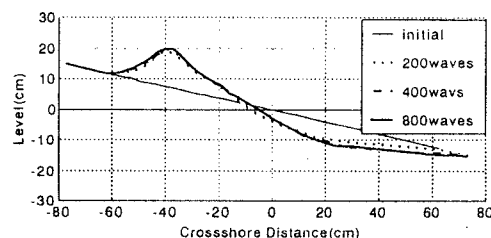
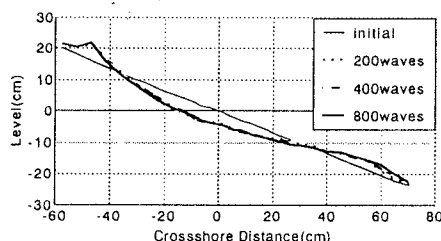


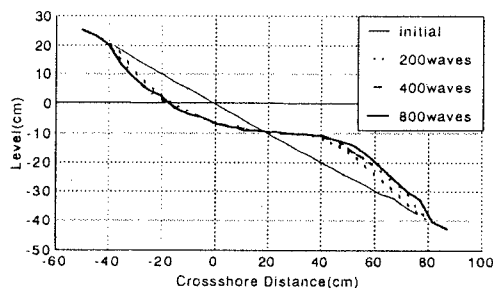
図-1 実験装置



$H_0=10.4\text{cm}$, $T=2.5\text{s}$, $D_{50}=1.35\text{cm}$, 1:5
(a)堆積型



$H_0=17.2\text{cm}$, $T=2.5\text{s}$, $D_{50}=1.35\text{cm}$, 1:3
(b)遷移型



$H_0=11.9\text{cm}$, $T=2.5\text{s}$, $D_{50}=1.35\text{cm}$, 1:2
(c)侵食型

図-2 平衡断面形状

ケースもあった。砂浜の断面変形に関する既往の研究では、侵食型は汀線が後退、堆積型では汀線が前進するとなっているが、捨石防波堤の断面変形に関する本実験からは図-2に示すように堆積型のケースにおいても汀線が後退している。これは、捨石防波堤では斜面勾配が砂浜に比べて急であるので碎波点が汀線付近となり、碎波による衝撃波力や強い乱れが汀線付近に集中しているためと考えられる。

800波入射後の断面における静水面付近の平衡勾配 $\tan\theta$ と初期斜面勾配を用いた碎波帯相似パラメータの関係を図-3に示す。この図から碎波帯相似パラメータが2~3の範囲において斜面勾配はピークを示していることが分かる。またこの範囲は共振現象により捨石の作用波力がピークをとる範囲と一致していることから、激しい捨石の移動が起きているものと考えられる。

断面の変化に伴う遡上高さの変化を図-4に示す。横軸の碎波帯相似パラメータの値は初期断面では一様勾配を、800波後では静水面付近の勾配を用いている。図中には、Losadaら(1981)が提案した式を参考に示している。ややばらつきが大きい、本実験結果からは断面の変化に伴う遡上高さの変化はほとんどないようである。なお図示しないが、Run Downについても遡上高さに伴う変化はほとんど見られず、また、 $D50=4.1\text{cm}$ のケースも同様の傾向を示した。

図-5に堆積型・遷移型・侵食型の出現特性を初期斜面勾配と入射波の波形勾配に基づいて示す。粒径にかかわらず斜面勾配1:5のケースではすべて堆積型、1:2のケースではすべて侵食型が見られたが、1:3の $D50=1.35\text{cm}$ のケースでは波形勾配により3つの平衡断面形状が見られたが、 $D50=4.1\text{cm}$ のケースでは侵食型しか見られなかった。砂浜の平衡断面形状と比較するとほぼ同様の傾向であるが、入射波の条件および斜面勾配が同じで、粒径が大きくなると、侵食型しか見られなくなるという点が異なっている。これは砂粒子は粒径が小さいため作用波力として抗力のみを考えればよいのに対し、粒径の大きい捨石では作用波力に対する慣性力の寄与が大きくなることと、重力の効果が大きくなるためであると考えられる。

静水面付近で測定された波力の時系列を図-6に示す。 F_t は斜面方

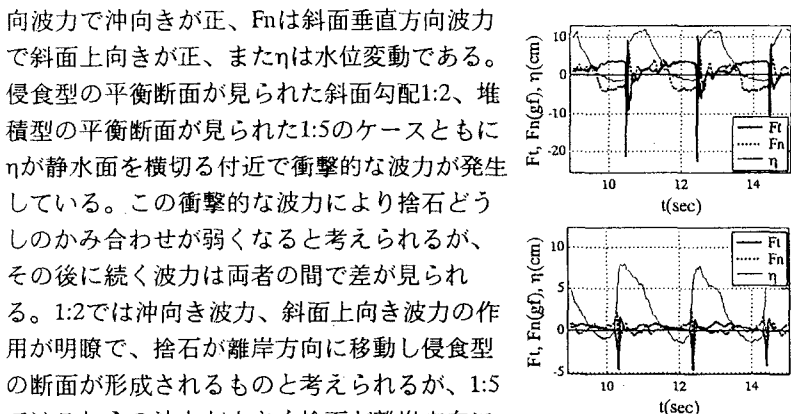


図-6 作用波力の時系列
($D50=1.35\text{cm}$)

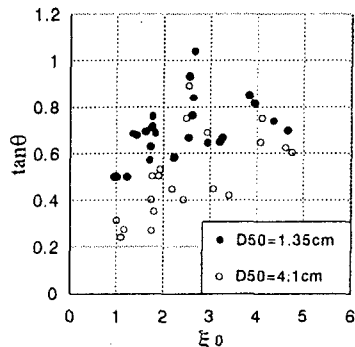


図-3 平衡勾配と碎波帯相似パラメータの関係

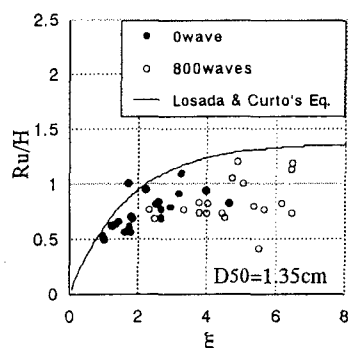
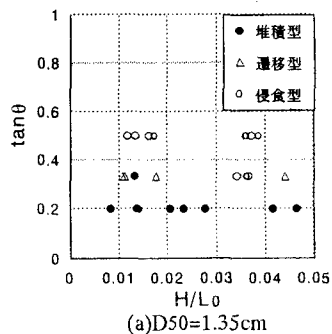
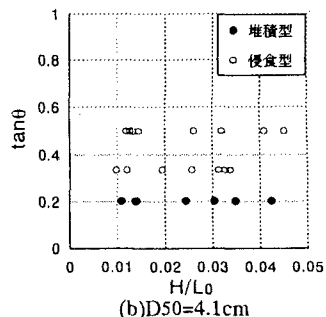


図-4 無次元遡上高さと碎波帯相似パラメータの関係



(a) $D50=1.35\text{cm}$



(b) $D50=4.1\text{cm}$

図-5 平衡断面形状の分類