

大阪大学工学部土木工学科 学生員○新島 宏
 大阪大学大学院工学研究科 宮崎敏弘
 大阪大学大学院工学研究科 学生員 柳原哲也
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 荒木進歩
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 出口一郎

1. はじめに

近年、土木構造物は経済性、景観性等の面から人工リーフが注目されている。しかし、現行の設計法においては過度の重量のものが施工されている反面、必要な水理機能を満たさずに被災してしまった例も報告されるという矛盾が生じている。このことより人工リーフ崩壊のメカニズムは未だに解明されていないと考えられる。著者らは、すでに断面二次元実験より人工リーフについての崩壊について検討したが、天端が静水面に現われるなど現地の被災を再現できなかった。

そこで本研究では、断面二次元実験においては検討できない三次元性を考慮した実験を平面水槽にて行い、現行の不十分な設計法をより合理的な設計法として確立するため、人工リーフ崩壊時の変形のメカニズムを解明することを目的とする。そのために、まずは人工リーフへの入射波の波向きを考慮した実験を行い、人工リーフの変形について検討する。

2. 水理実験

水理実験は図-1に示す屋外平面水槽を用いて行った。水槽は幅17.0m、奥行き10.0mで、造波板前面部の水平床部に続いて1/10の勾配が造波板に対して20°の角度で設置されている。1/10勾配上に法先水深 $h=19\text{cm}$ 、天端水深 $R=4\text{cm}$ 、法面勾配1:3の人工リーフモデルを捨石により作製した。人工リーフモデルは堤体長 $L_r=150\text{cm}$ 、200cmの2種類、天端幅 $B=50\text{cm}$ 、捨石の代表粒径 $D_{50}=0.71\text{cm}$ のものを用いた。初期形状を図-2に示す。

実験には規則波を用い、堤体の法線に対して20°の角度で2000波入射させた。堤体前面での波高は $H=4\text{cm}\sim 11\text{cm}$ 、周期は $T=1.0\text{s}$ 、 1.2s 、 1.4s とした。造波終了後、変形の形状を沿岸方向に10cmまたは20cm間隔で測定した。

3. 実験結果

図-3および図-4に実験で得られた代表的な変形形状を示す。縦軸の岸沖方向座標 x および横軸の沿岸方向座標 y は入射波長 L で無次元化している。ここで岸沖方向座標 x は堤体法肩部を原点とし岸側方向に正の向きとしたものであり、沿岸方向座標 y は堤体中央部を原点として沿い流れ上手側を正の向きとしたものである。また、鉛直座標 z は静水面を原点とし法先水深 h で無次元化している。

図-3は、入射波高 $H=7.3\text{cm}$ 、周期 $T=1.2\text{s}$ 、堤体長 $L_r=200\text{cm}$ のケースで測定された形状である。沿い流れ上手側端部においての斜め入射の波により、 $y/L=0.2$ 付近でコンターが屈曲している。また、端部の捨石が堤体の中央部の岸側に堆積している。一方、沿い流れ下手側の端部でも大きな侵食が生じ、捨石が側方に流出し堆積した。

図-4は、入射波高 $H=7.9\text{cm}$ 、周期 $T=1.4\text{s}$ 、堤体長 $L_r=200\text{cm}$ のケースで測定された形状である。波高粒径比は $H/D_{50}=11.13$ となった。堤体の天端上付近($y/L=-0.4\sim 0.4$)での $z/h=-0.4$ のコンターから $z/h=-0.1$ 付近のコンターはほぼ等間隔となっている。これは、沿い流れ上手側の端部から堤体中央部にかけて入射波に

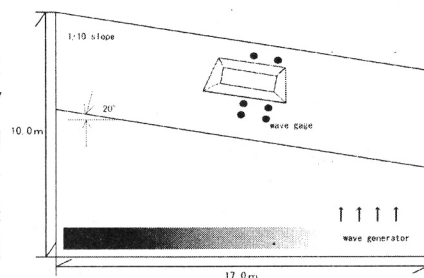


図-1 実験装置

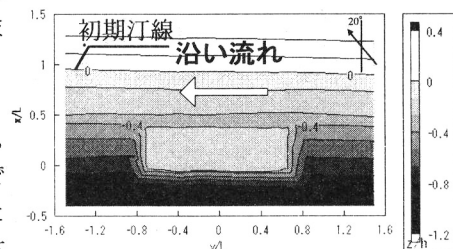


図-2 初期形状 ($H=7.3\text{cm}$, $T=1.2\text{s}$)

正対する形で侵食を受けていることを示す。また、波によって捨石が岸側に移動し、天端が全体的に後退している様子が確認できる。ここで、堤体背後の沿い流れにより、沿い流れ上手側の捨石が下手側にかけて供給されている様子が確認された。

図-5は、図-3のケース（入射波高 $H=7.3\text{cm}$ 、周期 $T=1.2\text{s}$ 、堤体長 $L_r=200\text{cm}$ ）での岸沖方向同一断面内における侵食面積と堆積面積の沿岸方向への分布である。侵食面積 A_e および堆積面積 A_a は堤体を構成する捨石の代表粒径 D_{50} の二乗で無次元化している。ここで便宜上、堆積面積 A_a は正、侵食面積 A_e は負で表すこととする。また、横軸は沿岸方向座標 y を堤体長 L_r で無次元化している。このケースでは沿い流れ上手側の捨石移動と下手側の捨石の移動がほぼ独立していた。この図からも、沿い流れ上手側が侵食され、侵食域の捨石が堤体中央部（ $y/L_r=-0.2\sim 0.2$ ）に堆積すること、堤体中央部付近（ $y/L_r=-0.2\sim 0$ ）で侵食面積が少なくなっていることがわかる。また、沿い流れ下手側端部（ $y/L_r=-0.4\sim -0.2$ ）では堆積面積が少なく、侵食面積の分布が大きくなっていることがわかる。堤体の下手側（ $y/L_r<-0.5$ ）では侵食面積はゼロとなる一方で堆積面積が増加している。

図-6は、図-4のケース（入射波高 $H=7.9\text{cm}$ 、周期 $T=1.4\text{s}$ 、堤体長 $L_r=200\text{cm}$ ）での岸沖方向同一断面内における侵食面積と堆積面積の沿岸方向への分布である。このケースにおいては沿い流れ上手側端部から侵食され、侵食域の捨石も上手側端部から中央部にかけて（ $y/L_r=-0.2\sim 0.4$ ）堆積していることがわかる。中央部から沿い流れ下手側端部にかけて（ $y/L_r<-0.2$ ）は侵食を受けてはいるが、図-4においても確認されたように沿い流れ上手側端部（ $y/L_r=0.2\sim 0.5$ ）に比べ、侵食面積の分布は少なくなっている。しかし、 $y/L_r=0\sim 0.6$ では図-5より堆積面積は大きくなっている。

捨石防波堤の安定重量算定式であるハドソン式から、堤体の作製に使用した捨石の諸元（ $D_{50}=0.71\text{cm}$ 、平均重量 $W=1.0\text{gf}$ 、捨石の単位体積重量 $\rho_s=2.65\text{gf/cm}^3$ ）を用いて安定限界波高 H_D を算出した結果 $H_D=2.7\text{cm}$ となった。

図-7は、入射波高 $H=4.2\text{cm}$ 、周期 $T=1.2\text{s}$ 、堤体長 $L_r=200\text{cm}$ のケースで測定された形状である。安定限界波高より大きな波高を作用させているので堤体全体に変形が生じている。斜め入射の影響により沿い流れ上手側端部（ $y/L_r=0.2\sim 0.6$ ）では堤体の中央部（ $y/L_r=0$ ）より侵食が大きくなっている。また、沿い流れ下手側端部（ $y/L_r=-0.8\sim -0.4$ ）においても侵食を受け移動した捨石が沿い流れの影響を受け堤体の側方に捨石が流出し変形していることがわかる。

<参考文献>

荒木ら（2000）：個別要素法を用いた捨石潜堤の断面変形計算、海岸工学論文集、第47巻、pp.761-765、土木学会編（1969）：海岸保全施設設計便覧（改訂版）、p181

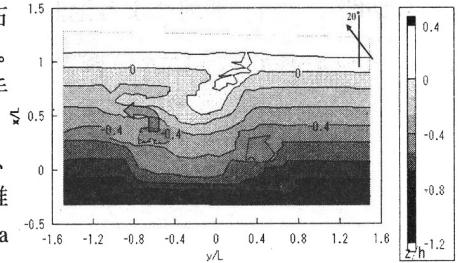


図-3 堤体の変形形状
($H=7.3\text{cm}$, $T=1.2\text{s}$)

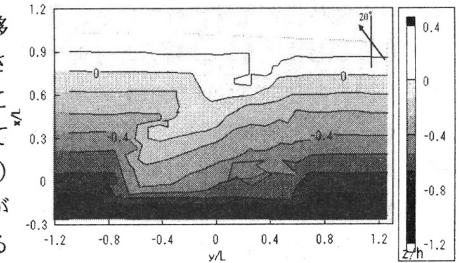


図-4 堤体の変形形状
($H=7.9\text{cm}$, $T=1.4\text{s}$)

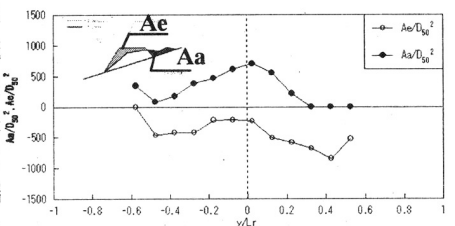


図-5 沿岸方向への A_e と A_a の分布

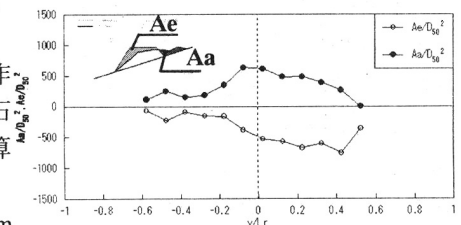


図-6 沿岸方向への A_e と A_a の分布

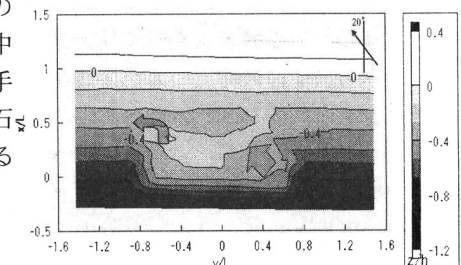


図-7 堤体の変形形状
($H=4.2\text{cm}$, $T=1.2\text{s}$)