

被覆材の有無による人工リーフ堤体の断面変化に関する研究

日本大学 学生会員 ○山崎 崇史
日本大学 正会員 鷺見 浩一

1. はじめに

人工リーフ堤体における被覆材の有無を考慮して、人工リーフ堤体の断面変形を実験的に検討した研究は少数である。したがって、被覆ブロックの設置された堤体や砕石で築造された堤体の波の作用に伴う断面変化については、不明な点が多い。本研究では、水理実験により被覆材の有無による人工リーフ堤体の断面変化を検討し、堤体の断面変化と数値計算による流速分布を関連づけて考究した。

2. 実験概要

(1)水理実験の概要

人工リーフのマウンド材には、JIS A 5001(道路用砕石)に規定されている単粒度砕石 S-5(7号)を用いた。図-1に示すコンクリート製の被覆材約 27.7g を砕石によるマウンド上に1層設置した堤体(以降：被覆堤体)、ならびに砕石のみで構成された堤体(以降：捨石堤体)の計2種類の断面変化を検討した。水理実験は、縮尺を1/60として行った。図-2に示す両面ガラス張りの2次元造波水槽の水平床上に木材で作成した固定床となる一様勾配斜面(勾配 $i=1/30$)を設置した。人工リーフの初期条件における断面諸元は法面勾配 $s=1/3$ 、天端幅 $B=86.0\text{cm}$ 、堤体高 $d=6.0\text{cm}$ 、天端水深 $R=0.0, 3.0, 5.0\text{cm}$ であり、 R の変化に伴い水路水平床部での水深は $h=45.0, 48.0, 50.0\text{cm}$ となる。空隙率は S-5(7号)で 39.7% である。実験波は修正 BS・光易型スペクトルとし、有義波高 $H_{1/3}=10.0\sim 23.3\text{cm}$ 、有義周期 $T_{1/3}=1.6\sim 2.4\text{s}$ の範囲で不規則波を 1000 波造波した。 R と道路用砕石による構成材の組合せにより実験は、全 30 ケースとした。実験波は、外海における来襲波を想定し、いずれも波形勾配で 0.025 となるよう設定した。波高は図-2に示す4箇所にて計測した。

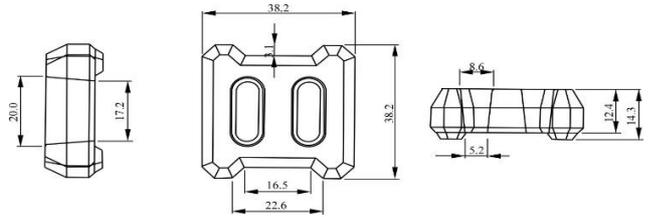


図-1 被覆ブロック断面(単位：mm)

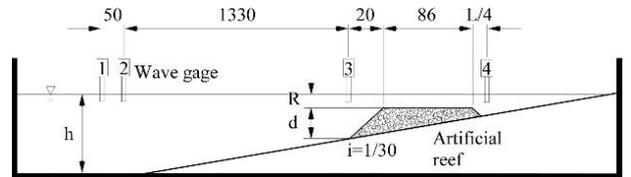


図-2 実験水槽(単位：cm)

図-2に示す4箇所にて計測した。

(2)数値計算の概要

本研究では、人工リーフの堤体断面の形状変化と波内部の流速との関係を検討するために MARS 法による数値計算を実施した。人工リーフ堤体は、Ergun の式により透過性物体として取り扱った。岸沖方向を x 、水深方向を z とする直交座標における多相流の連続式、Ergun の式、運動方程式、体積率輸送式を式(1)~(5)に示す。

$$\frac{\partial(F_1 + F_2)}{\partial t} + \frac{\partial F_1 u}{\partial x} + \frac{\partial F_1 w}{\partial z} + \frac{\partial F_2 u}{\partial x} + \frac{\partial F_2 w}{\partial z} = 0 \quad (1) \quad F_V = -\frac{150}{d^2} \langle v \rangle \frac{(1-\varepsilon)^2}{\varepsilon} v - \frac{1.75}{d} \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} v^2 \quad (2)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{F_1 \rho_1 + F_2 \rho_2} \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\langle v \rangle \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\langle v \rangle \frac{\partial u}{\partial z} \right) + \frac{1}{\rho} (\sigma \kappa n_x + F_V) \quad (3)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -g - \frac{1}{F_1 \rho_1 + F_2 \rho_2} \frac{\partial P}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\langle v \rangle \frac{\partial w}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\langle v \rangle \frac{\partial w}{\partial z} \right) + \frac{1}{\rho} (\sigma \kappa n_z + F_V) \quad (4)$$

$$\frac{\partial F_1}{\partial t} + \frac{\partial F_1 u}{\partial x} + \frac{\partial F_1 w}{\partial z} - F_1 \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) = 0 \quad (5a) \quad F_1 + F_2 = 1.0 \quad (5b)$$

キーワード 人工リーフ, 被覆材, 水理実験, 数値計算

連絡先 〒275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 日本大学 生産工学研究科 土木工学専攻 TEL 047-474-2420

ここに、 t は時間、 F_1 と F_2 は気相と液相の流体体積率、 u 、 w は x 、 z 方向の流速、 P は圧力、 ρ_1 と ρ_2 は気相と液相の密度、 ν は動粘性係数、 σ は表面張力係数、 κ は界面の曲率、 n_x と n_z は x 、 z 方向の界面法線ベクトル、 d は粒子径、 ε は空隙率である。数値計算では作用波条件と堤体の空隙率、計算領域を実験と同じ諸元で設定した。

3. 実験結果

(1)流速分布と砕石の移動状況の関係

紙面の制約から図示できないが、一様水深部 $h=50\text{cm}$ での実験と計算による水位変動は一致していた。捨石堤体の断面変化には流速分布が多大な影響を与えている。図-3,4は、法肩周辺の岸向き斜め上方向の流れ、天端面の岸向き斜め上方向の流れである。このような流れにより図-5では、砕石は侵食され天端面に堆積した。

(2)被覆ブロックの有無による堤体の断面変化

断面諸元が同一な場合の捨石堤体と被覆堤体の断面変化は、作用波条件に依存している。図-5に示す相対天端水深 $R/H_0=0.5$ の場合、捨石堤体では法肩部に侵食が確認できるが、図-6に示す被覆堤体では断面変化に顕著な変化は生じていない。

(3)天端水深の相違による堤体の断面変化

図-7,8に示す被覆堤体では、法肩周辺の被覆材が転倒し、マウンド材である砕石が流出した。このマウンド材の流出による侵食域は、作用波が同一の場合、 R の減少と共に拡大する一方で、天端中央の断面変化は殆ど生じていない。

4. おわりに

本研究では、被覆材の有無が人工リーフ堤体の断面変化に及ぼす影響を検討する水理実験と数値計算を実施した。被覆材を設置した堤体では、法肩周辺の被覆材が転倒し、マウンド材が流出した。被覆材が転倒した場合には法肩のマウンド材が流出することにより、侵食域が拡大することが判明した。また、波の作用による流速分布により、人工リーフ堤体は法肩周辺の砕石が侵食され、天端中央から後方域に堆積した。

参考文献

- 1) 荒木進歩, 藤原由康, 宮崎敏弘, 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, 2000, pp.761-765
- 2) 太田隆夫, 小林信久, 木村晃: 断面変化を伴う人工リーフ上での波浪変形計算について, 海岸工学論文集, 第 52 巻, pp.51-55, 2005.

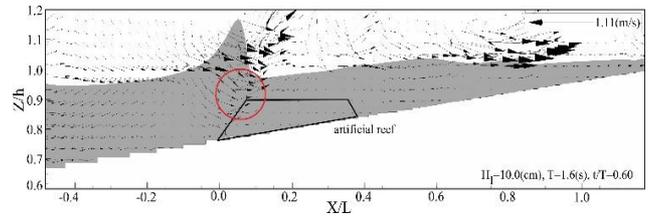


図-3 堤体周辺における流速ベクトル $t/T=0.60$

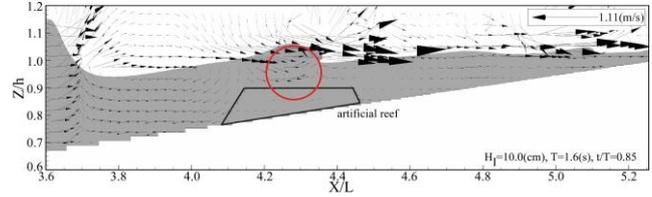


図-4 堤体周辺における流速ベクトル $t/T=0.85$

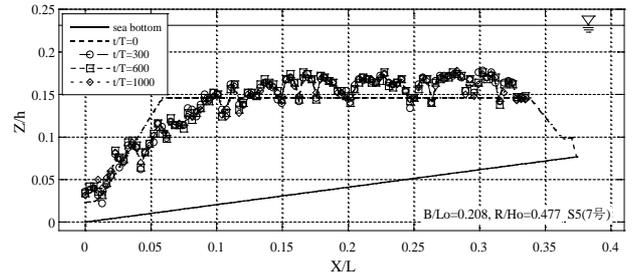


図-5 捨石堤体の断面変化($R=5\text{cm}$, $H=10.0\text{cm}$)

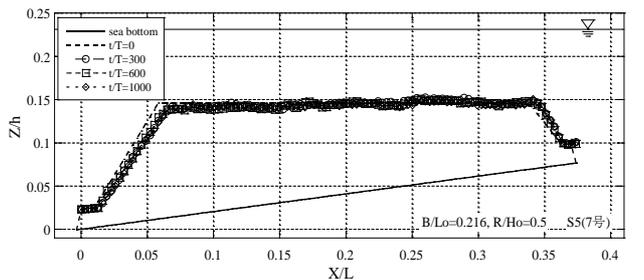


図-6 被覆堤体の断面変化($R=5\text{cm}$, $H=10.0\text{cm}$)

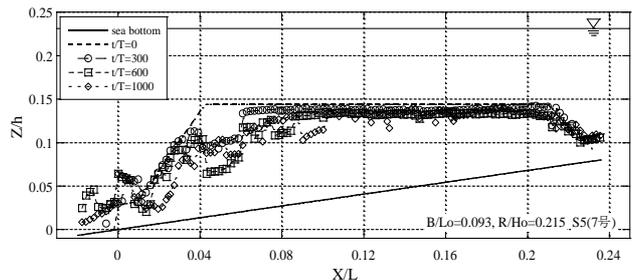


図-7 被覆堤体の断面変化($R=5\text{cm}$, $H=23.3\text{cm}$)

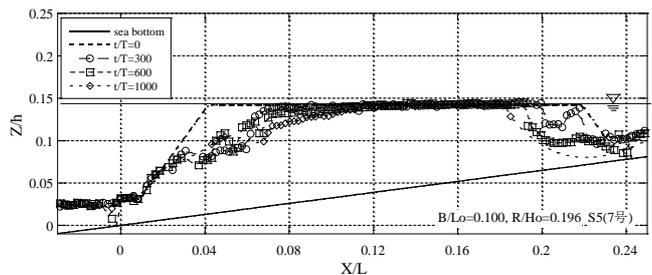


図-8 被覆堤体の断面変化($R=0\text{cm}$, $H=23.3\text{cm}$)