

大阪大学工学部 正員 榎本 亨
 大阪大学大学院 学生員 ○柳 青魯
 愛媛県庁 正員 大西明徳

1. まえがき

捨石防波堤の被覆工(異型ブロック)の重量算定においてよく用いられている従来の算定式は斜面上の水粒子速度 $V \propto \sqrt{3}H$ の仮定から被覆工一毎に作用する抗力とそれに対する抵抗力との釣り合いで表現されており、それ以外の破壊要因は安定係数(K_D)に含んで考慮されている。その K_D の値は入射波特性(波の周期の影響など)と構造物特性(斜面勾配, Core部の透過性, 被覆工の尺数, 石の形状など)及び防波堤設置の場所的特性(設置水深など)によって変化する。それらの諸条件の変動による K_D の変化特性を明らかにする必要があり、本研究においてはCore部の透過性の変化による反射率の変動及びそれによる破壊状況を調べ透過性の変化及び反射波が破壊に与える影響を検討する。ついで、平衡断面の形成要因を斜面上の流れ判定によって明らかにし、その構造的特性及びそこでの流れ特性を論ずることにより、反射波による破壊を抑制した安定な斜面形状について論じる。

2. 実験方法

入射波及び反射波の算定: 実験は入射波と防波堤斜面上の流れ特性を比較するため両者を同時に測定できるように水槽の中央部に隔壁板を設け、2分割して実験を行なった。堤防の法先水深(20 cm)と水底勾配(1/40)は固定し、入射波周期は0.6~2.5 sec で各周期に対し波高を連続的に増大させて破壊限界を求める。反射率はHealyの方法を採用した。**防波堤構成素材と限界波高:** 防波堤は被覆工として碎石 $W=20g$ ($W_{proto}=20 \text{ ton}$)を用い、Coreは透過性の場合 $W_{core} = W_{cap}/2$ の碎石を用いた。不透過性Coreとしては合板を厚さ2.0 D ($D=$ 石の直径)下に挿入して構成した。捨石部は乱積とし透過、不透過堤ともに被覆尺が2 Dになったものを対象とした。破壊限界波高は各周期別に水平距離D以上を動いた石が10前後になる場合の波高をもって定義した。

水粒子速度の測定: 破壊が生じるCASEに対して、直径2~3 mmのスポンジ製のトレーサー(水中での比重は1.0)の斜面上の動きを16 mmシネカメラで高速撮影(50 12/sec)し、写真解析によって求めた。同時に mini Propeller 流速計を用い斜面上の流速分布を求めた。2つの方法によって初期断面上及び平衡断面上の場所による最大流速を求めたがこの2つの方法間には殆んど差がなかった。

3. 実験結果及び考察

a) 反射率と破壊限界の変動: 反射率; 図1は斜面勾配と入射波特性による反射率変動を示したものであり、斜面上で砕波によるEnergy逸散が大きくなる $\xi < 3.5$ ($\xi = \tan \theta / \sqrt{H/L_0}$; Surf Similarity Parameter)では透過性の有無に関係なく一定値を取る。しかし、 $\xi \geq 3.5$ の範囲では砕波によるEnergy逸散率がだんだん小さくなって斜面の透過性による影響が表われそれによる反射率の差が出て来る。 $\xi > 5$ 領域になると砕波がほとんど起らないため透過堤においてはほぼ一定の K_r 値をとるが不透過堤では ξ の増加とともに増大する。すなわち波形勾配の影響が大きく左右する。

破壊限界; 図2-aは $\xi - N_s$ (N_s ; stability number $= \gamma_r^{1/3} H_0 / (\gamma_r - \gamma_w) W^{2/3}$) 曲線であり、透過性の場合と不透過性の場合の初期破壊時の値を比較したものである。入射波の周期の影響によっていずれも N_s の値小

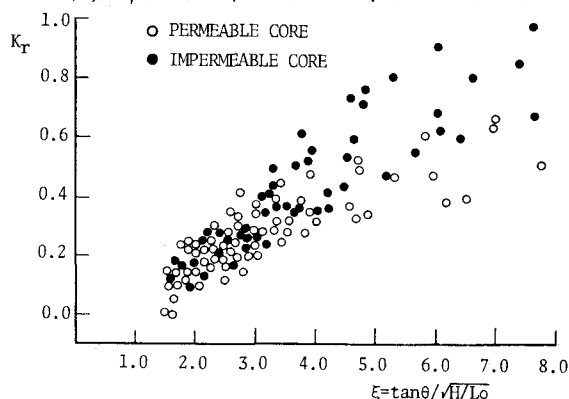


図1. Core部の透過性による反射率の変動

域が存在するが Core 部の差異によってこの値は一致しない。また data のばらつきが大きく現われ、特に透過性の $\xi_c > 3.0$ において大きく見られる。そこで、防波堤前面での水位変動(部分重複波高)をもって表示した $\xi_c \sim N_{sc}$ ($\xi_c = \tan \theta / \sqrt{(H_i + H_r)/L_0}$, $N_{sc} = \gamma_r^{1/3} (H_i + H_r) / (\gamma_r / \gamma_w - 1) W^{1/3}$) を求めたのが図2~bである。この表示法による N_{sc} の極小域は Core 部の性質に関係なく $2.0 < \xi_c < 3.0$ の領域に存在し、 N_{sc} はそれぞれ 2.0 , 2.0 附近となる。この差は透過性による N_{sc} の差と考えられ、それは Core 部性質によって変動する被覆工上の水量の差から生じる最大水粒子速度の変動によるものと考えられる。またこれ以外に反射波の影響も大きいと考えられるので Core の透過性だけの論議ではなく、斜面の形状と被覆工の特性などを考慮して論議していかねばならない。

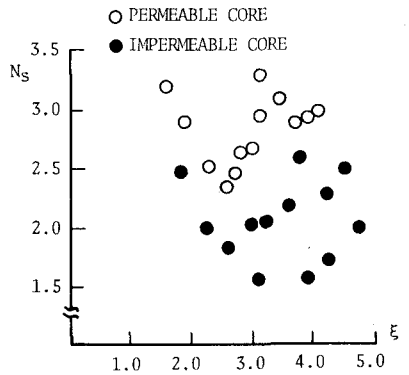


図2-a. 破壊における透過性の影響

b) 防波堤斜面上の流速分布及び平衡断面の形成: 一般的に捨石堤の安定を論じるには Up-rush 及び Down-rush の流体力とそれぞれに対する被覆工の抵抗力との釣り合いをもって考える。当然の事ながら入射波が初期破壊時の波高より高くなると破壊は進行していく。結局流体力を強く受けた石又は抵抗力の少ない不安なものから破壊され斜面の形状が流体力を弱めるように変わると破壊はそれ以上進行しない状態になる。その時の断面形状を平衡断面と称しておこう。図3は初期断面上の流速分布と図4のような平衡断面上の同一位置での流速分布を示しており、図3と図4から次の平衡断面形成要因及びその特徴が抽出できる。

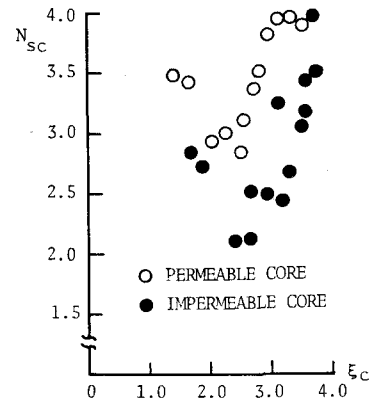


図2-b. 破壊における透過性の影響 ($\xi_c = \tan \theta / \sqrt{(H_i + H_r)/L_0}$)

(1)初期断面上 S.W.L. 下での碎波による衝撃的な Up-rush が破壊の主因になる。(2)破壊の進行と共に斜面形状は複合断面形状に変化して、Up-rush 時の衝撃的な流体力が弱められ、Down-rush が速くても S.W.L. 附近が平坦な斜面になるため抵抗力が増大し動かない状態になる。(3)初期断面において、S.W.L. 下で Up-rush, Down-rush 共に水粒子運動がばい Peak を現わすがその領域の破壊による斜面形状の変形によって流れは全体的に平坦な挙動を見せる。(4)初期断面における反射率よりも平衡断面になってからの波の反射率は減少し、斜面上での波の Energy 逸散率が高められる。

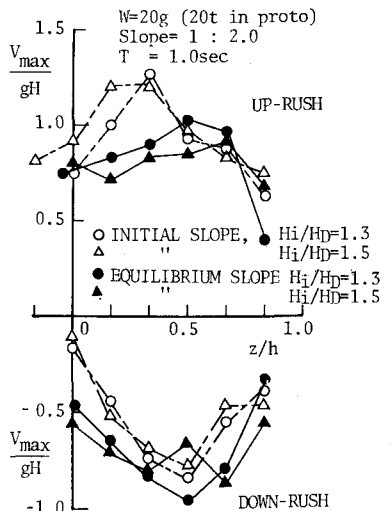


図3. 斜面上の最大水粒子速度分布

4. 結語

以上のように、破壊限界においては反射波の影響が無視できな。また反射波による災害を透過性のみで防ぐのも問題である。それで図4に示すような構造物に抵抗力が強く、流体力は弱められるし、消波機能までを充分もたす平衡断面を初期断面とするようなことによりより安定な防波堤を設けることになるだろう。今後、その平衡断面の形状特性と入射波特性、捨石特性との関係を定量的に評価していきたい。

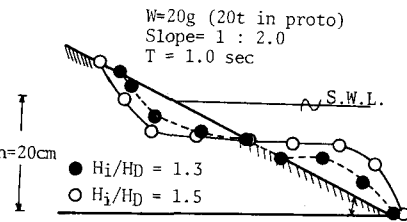


図4. 波高増大による平衡断面の変動