

# 入射波によって生起される捨石堤内部の流れについて (1)

山口大学工学部 正員 ○金山和雄  
 同上 正員 藤原輝男  
 日産建設(株) 坂本明

## 1 概説

海岸堤防の破壊に関する報告が近年多く見受けられる。  
 たとえば徳島大学の三井博士の報告<sup>1)</sup>が挙げられる。  
 これら堤防破壊の原因の一つである吸い出し現象について  
 著者らは從来から研究を続け前報<sup>2)</sup>までは主として透水体内の水理諸量の評価を工点としてきた。本報はそれらにより得た知見にもとづき、吸い出し現象のメカニズムの解明への一段階を示したものであり、特に質量輸送速度の存在により生起される捨石堤内部の巨視的な水渦の存在を理論的に実証し、それと底質砂粒子の運動を関係つけようとしたものである。

## 2 理論的考察

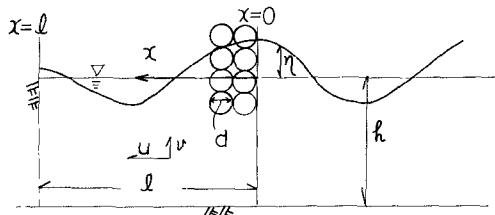


Fig-1 Notation and Definition of Symbols

Fig-1 は座標を定義したものである。流体は非圧縮性、入射波は微小振幅波と仮定すると、この現象は次の数学モデルで近似できる。

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} - g \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} = f \bar{u}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + h \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} = 0, \quad (2)$$

ここに  $\bar{u} = u \frac{\sinh nh}{nh \cosh nh} \sinh ny$  を示す。

(1), (2)式を境界条件

$$\bar{u} \Big|_{x=0} = \frac{H_0}{2} \sin \sigma t \quad (3)$$

$$u \Big|_{x=1} = 0 \quad (4)$$

の下で解くと、次式が得られる。

$$\eta = \frac{H_0}{2} \frac{P \sin \sigma t + Q \cos \sigma t}{(\cosh nh \cdot \cos nl)^2 + (\sinh nh \cdot \sin nl)^2} \quad (5)$$

$$u = -\frac{H_0 \sigma n}{2} \frac{(S \cos \sigma t - T \sin \sigma t)}{(\cosh nh \cdot \cos nl)^2 + (\sinh nh \cdot \sin nl)^2} \quad (6)$$

$$V = \frac{H_0}{2} \sigma \frac{(P \cos \sigma t - Q \sin \sigma t)}{(\cosh nh \cdot \cos nl)^2 + (\sinh nh \cdot \sin nl)^2} \quad (7)$$

$$\text{ここに } \frac{n}{h} = \sqrt{\frac{\sigma^2}{2gh} \left\{ 1 + \left( \frac{t}{\sigma} \right)^2 \mp 1 \right\}} \quad (8)$$

$$P = \cosh nh \cdot \cos nl \cdot \cosh m(1-x) \cos n(1-x) + \sinh nh(9) \\ \cdot \sin nl \cdot \sin hm(-x) \cdot \sin n(1-x)$$

$$Q = \cosh nh \cdot \cos nl \cdot \sin hm(1-x) \cdot \sin n(1-x) \quad (10)$$

$$S = \int^{X_0} P dx \quad R = \int^{X_0} Q dx \quad (11)$$

て与えられる。

又 Longuet-Higgins の質量輸送速度は次式で与えられる。

$$\underline{U}_2^* = \left( \frac{H_0}{2} \right)^2 \frac{\sigma n^2 (P \sigma T - Q \sigma S)}{2 \sinh^2 nh \left\{ (\cosh nh \cdot \cos nl)^2 + (\sinh nh \cdot \sin nl)^2 \right\}} \\ \times \left\{ \cosh^2 ny - \frac{\sinh^2 nh}{2 nh} \right\} \quad (12)$$

ここに  $\underline{J}_0 = \frac{\partial P_0}{\partial X_0}$ ,  $K_0 = \frac{\partial Q_0}{\partial X_0}$  を示し、添字 0 は静水時のそれを示す。さらに透水体の流体抵抗  $\beta$  に対しては、すでに次式を報告した。

$$\frac{f}{g} = \sqrt{\left\{ \frac{2gh(a \times \beta)^2}{\sigma^2} + 1 \right\}^2 - 1} \quad (13)$$

$$\text{ここに } X = \frac{H_0 nh}{L} \quad (14)$$

$$a = 0.0954 + 5.233(1/a) \quad (15)$$

$$\beta = 0.18348(1/a) 0.13677 \quad (16)$$

式(4)～(12)に用いれば、透水体内部の水理諸量が推算できる。Fig-2 は  $\underline{U}_2^*$  および波により水粒子の描く

Orbit より、透水体内部の巨視的な水流を推算したものである。これらによると以下の事が推察される。

捨石堤などの透過性構造物に波が入射すると、その内部には図に示す様な循環する水流が生じる。その大きさは波形勾配が大きい波程大きいか、それは透水体の前部に集中している。一方波形勾配が小さくなるとこの水流は透水体奥部まで達するか、その大きさは小さくなる傾向がある。この透水体外へ向う水流が存在する事により、底質砂粒子が吸い出しを受けるものと推察される。

### 3 底質砂粒子の移動現象のメカニズム

透水体内の底質砂粒子の移動現象は大別すると以下に示す、Case 4 に分類される。ここに(1) 底質砂粒子の限界流速、 $U_1$ 、透水体内的底面流速、とする。

Case 1 寄せ波時(1の状態)  $U_1 < U_0$  なる底面の砂粒子は透水体奥部に運ばれ、 $U_0$  以上

の断面 C に堆積され、引き

波時(2の状態)には断面

B の砂粒子は

透水体外に運

ばれ断面 A に堆積される。前述した消波流れは A の堆積を促進し、而ての堆積を抑制するものと考えられる。(1の堆積 (2の堆積))

Case 2 Case 1 に比して質量輸送速度が大

きく、それにともなう循

環流れが大きくなり、Case 1

で見られた A 断面の堆積

が抑制され、それに対し

て A 断面の堆積が大きくな

らわれる。

Case 3 Case 1 に比して、底面流速が大きく、砂粒子

は浮遊状態をなして、

透水体奥部へ進む質量

輸送速度により、透水

体奥部へ運ばれ堆積す

る。 Case 4: 透水体

内全面で  $U_1 < U_0$  のため、底質砂粒子は全く移動しない。

$$d=1.2, l=50, h=25, H_0/L=0.040$$

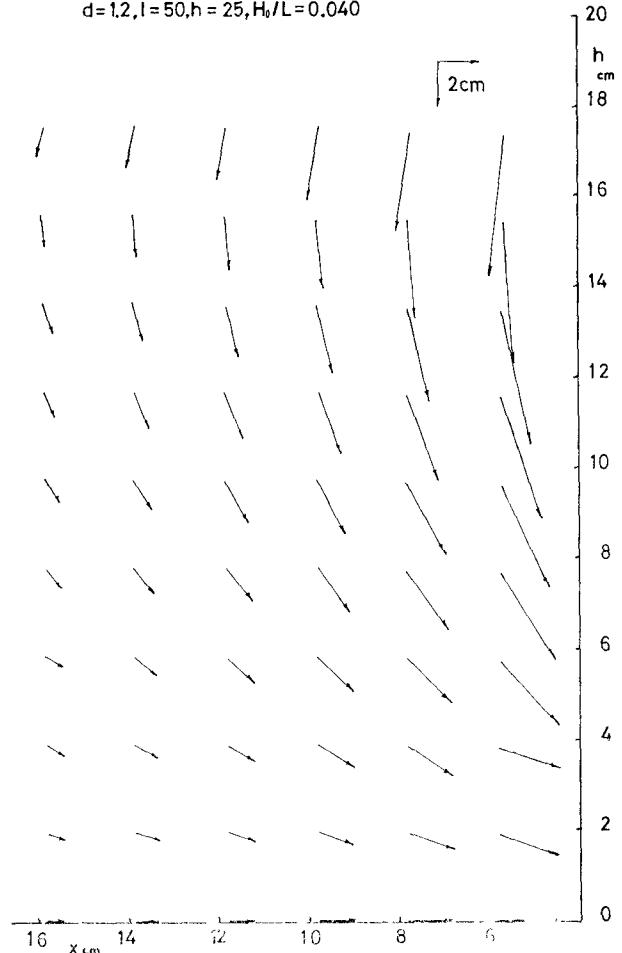


Fig-2 Appearance of Flow in Porous Media

### 4 あとかき

本報では前報までの研究により得た成果をもとに吸い出しのメカニズムについて、入射波の特性および、それにより生ずる循環流れの存在の面から考察を進めた。今後、吸い出しについて、透水体の条件を種々変化させ系統的な実験を遂行する計画である。

### 参考文献

- 1) 三井弘、文部省科研特別研究年報(災害科学)昭和46年 P. 87-92
- 2) 金山和雄、干拓堤防の被災に関する研究 山大工研報告 25巻 2号
- 3) 金山和雄、海岸工学論文集 1975年 P. 539~544