

1. 概説.

海岸には水流を容易にとがす, いわゆる透過性の構造物が数多く見受けられる。たとえば離岸堤, 捨石堤, などである。これらの構造物の破壊原因の一つとして, 吸い出し現象があげられる。この現象のメカニズムの解明はまだまだ十分とはいえない, そこでこのメカニズムの解明を試み, 前報¹⁾までに得た考察にもとづき, その一段階を示したものである。特に透過性構造物に波が入射した場合, その内部にマクロな水流が生起し, これと底質砂粒子の移動が密接に関連している事を示したものである。

2. 理論的考察.

Fig-1 は座標を定義したものである。流体は非圧縮, 入射波を微小振幅波と仮定すると, 運動, および連続の方程式は各々, 次式で与えられる。

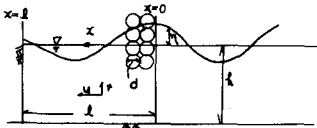


Fig-1. 座標と諸元

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} = -g \frac{\partial \eta}{\partial x} - f \bar{u}, \quad \frac{\partial \eta}{\partial t} + h \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

式(1)を境界条件 $\eta|_{x=0} = \frac{H_0}{2} \sin \omega t$, $u|_{x=l} = 0$ の下で解くと η, u, v に関する表示が得られる。さらに Longuet-Higgins の質量輸送理論を用いると, 質量輸送速度に関する次式が得られる。

$$\bar{U}_2^* = \left(\frac{H_0}{2} \right)^2 \frac{\partial \pi^2 (\rho_0 T_0 - Q_0 S_0)}{2 \sinh^2 \pi h \{ (\cosh m l \cdot \cos n l)^2 + (\sinh m l \cdot \sin n l)^2 \}} \\ \times \left\{ \cosh 2 \pi y_0 - \frac{\sinh 2 \pi h}{2 \pi h} \right\} \\ \therefore \quad \pi = \sqrt{\frac{g^2}{2 g h} \left\{ 1 + \left(\frac{f}{g} \right)^2 \mp 1 \right\}}$$

$$P = \cosh m l \cdot \cos n l \cdot \cosh m(l-x) \cdot \cos n(l-x) \\ + \sinh m l \cdot \sinh m(l-x) \cdot \sin n(l-x) \quad (4)$$

$$Q = \cosh m l \cdot \cos n l \cdot \sinh m(l-x) \cdot \sin n(l-x) \\ - \sinh m l \cdot \sin n l \cdot \cosh m(l-x) \cdot \cos n(l-x) \quad (5)$$

$$S = \int^x P dx, \quad T = \int^x Q dx \quad (6)$$

$$J_0 = \frac{\partial P_0}{\partial x_0}, \quad K_0 = \frac{\partial Q_0}{\partial x_0} \quad (7)$$

$$\bar{u} = u \frac{\sinh \pi h}{\pi h \cosh \pi y} \quad (8)$$

添字 0 は静水時のそれを示す。

尚, 流体抵抗係数については, すでに次式を報告した²⁾。

$$\frac{f}{g} = \sqrt{\left\{ \frac{2 \pi h}{g^2} (\alpha X^*)^2 + 1 \right\}^2 - 1} \quad (9)$$

$$X = H_0 h \sqrt{\frac{g}{L}} \quad d = 0.0954 + 5.233 (1/L)$$

$$\beta = 0.18248 (d/L)^{0.13627}$$

式(9)を用いれば, 透水体内部の水理諸量が推算可能となる。Fig-2 は式(2)により求めた質量輸送速度の分布を示したものである。

これによると $y = 0.6h$ において $\bar{U}_2^*$ は 0 となり, それより上部では, 透水体奥部へ, それより下部においては, 透水体外部へ向う流速 $\bar{U}_2^*$ をもち, その大きさは, 透水体奥部程, 小さくなる。

y 方向の質量輸送速度は水面, 水底で 0 となり, $y = 0.6h$ で最大となる。

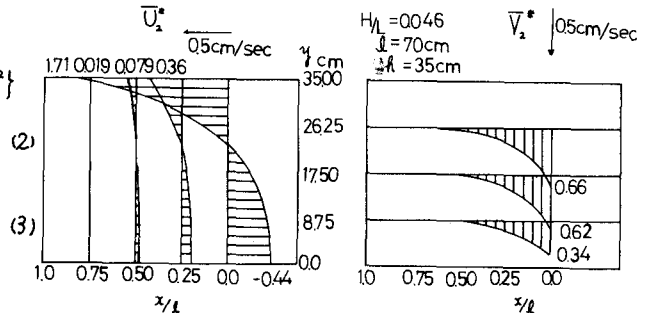


Fig-2. 質量輸送速度の分布.

Fig. 2によれば、透水体内部において、水面近くでは、透水体の奥部へ、透水体下部においては、透水体外部へ向う流れが生起するものと考えられる。この事は比重1のトレーサにより、実験的に確認した事と一致する。

Fig. 3は、前報³⁾に報告した、波粒子の軌跡を10周期間にわたって計算したものである。

これによると以下の推察が得られる。

この循環する流れは、入射波の波形勾配が大きい程、顕著になるが、それは透水体の前面部分に集中する傾向がある。一方、波形勾配の小さい波においては、この流れは小さくなるが、透水体の奥部にまだ、循環流れが見られる。この流れの大きさは、 $\frac{h}{L}$ のオーダーであるが、吸い出し現象の時間的オーダーを考えると、大きな作用をもつと言える。波動運動により透水体内部に生ずる水平流速が、底質砂粒子の限界流速より大きくなる断面においては、石け粒は前後に運動しはじめ、この循環流れの存在により、前後運動の中心が徐々にずれて、石け粒は透水体外部に吸い出されると推察される。

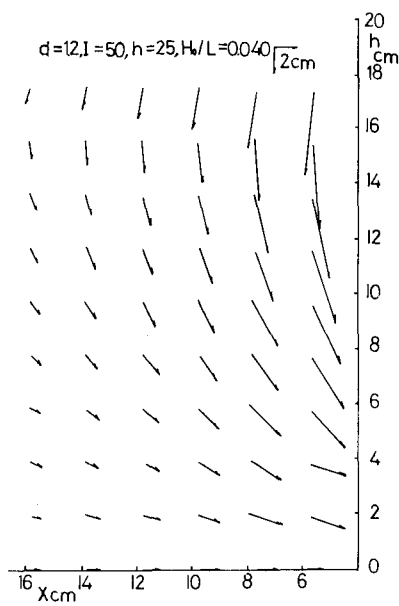
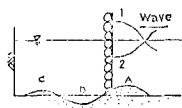
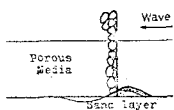


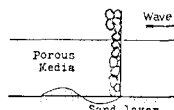
Fig. 3. 透水体内部の流れの様相。



Case 1



Case 2



Case 3

Fig. 4. 底質砂粒子の移動。

Case-2においては、Case-1に比して質量輸送速度が大きくなり、それにともなう循環流れも大きくなり、C断面の堆積が抑制されA断面の堆積が大きくなる。Case-3は底面流速が大きくなり、砂粒子は浮遊状態をとり、透水体奥部へ進む質量輸送速度により、C断面に堆積する。もう一つのCaseとして、 $U_c > U_i$ なるため、砂粒子が全く、移動しない。

Fig. 4は底質砂粒子の移動の様相を模式的に示したものである。ここに U_c : 底質砂粒子の移動限界流速, U_i : 透水体内部の底面流速とする。Case-1は透水体前面と奥部に砂粒子が堆積する場合、寄せ波時(1の状態)に $U_i > U_c$ なる断面の砂粒は透水体奥部に運ばれ、 U_c 以下の断面Cに堆積する。引き波時(2の状態) U_c 以上の断面の砂粒は透水体外部にむかって運ばれ、 $U_c > U_i$ なる断面Aに堆積する。上述した循環流れはAの堆積を促進し、Bの堆積を抑制すると考えられる。Case 1の場合にはAの堆積 > Cの堆積となる。

3. あとがき。

本報では、前報までの研究に於いた知見をもとに、吸い出し現象のメカニズムについての考察を示した。

特に Longuet-Higgins の質量輸送の考えを応用し、透水体内部に波が入射する事により、循環流れが生起する事を示した。この事は実験的に認められた事と一致した。現在、入射波の特性、透水体の長さ、構成材の代表長、石け粒、abc を種々変化させて、検討を進めている。

参考文献

1. 金山和雄、昭和29年度港湾建設学会論文集(港湾会中四口支部) PP 69 ~ 70
2. 金山和雄、干拓堤防の被災に因る研究、山工研報告 25巻 2号
3. 金山和雄、海工工学講演会論文集 1975年、PP 539 ~ 544