

1-6 透水性構造物の流体抵抗の函数形の決定に関する研究。

—特に非定常流下での抵抗表示について—

山口大学工学部
九州大学工学部

○金山 和雄, 藤原 輝男,
田中 宏平, 戸原 義男

1 まえがき

海岸には連続した空がきを有し、水流を容易に通過させる、いわゆる透水性構造物が数多く見られる。たとえば、堆石工、根固工、消波工、遊歩堤、溜堤などである。これらに波が入射するとそのエネルギーの一部は前面で反射され、残りは透水性構造物内に侵入し、マサツ等消費されて行く。このエネルギーの消費機構は波高、波長、前面水深、波の波の性質、透水性構造物の性質など数多くのものが奇巧にわたり複雑なものである。この種の問題について従来から多くの研究がなされているが透水性構造物の流体抵抗の評価をいかにするかと言う点に問題が残っているようである。多くの研究は定常流下での流体抵抗と非定常流下でのそれとを等しいと仮定し、定常流下での抵抗係数をそのまま非定常下に適用しているものである。そこで著者達は抵抗係数の概念を導入し、非定常時に運動運動下での透水性構造物の流体抵抗の表示について研究を進めた。これは透水性構造物の規模の決定、及び機能の適正な評価を行う上に有益である。

2 理論的考察

透水性構造物をFig-1に示す様に単純な透水モデルにおきかえて考察を進める。

座標はFig-1に示すとうようである。

2-1 入射波が長波の場合

微小振幅を仮定し、抵抗を抵抗係数で表示すると、オイラーの方程式より基本式として次式を得る。

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

連続式として次式を得る。

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

境界条件として次式を与える。

$$\left. \begin{aligned} x=0 \quad \eta &= \frac{H_0}{2} \sin \omega t \\ x=\infty \quad \eta &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

(1),(2)よりuを消去すると

$$\frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} - \frac{1}{gh} \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} - \frac{f}{gh} \frac{\partial \eta}{\partial x} = 0 \quad (4)$$

(4)の一般解として次式を得る。

$$\eta = \frac{H_0}{2} \gamma \left\{ \int_0^\infty (C_1(\alpha) e^{i\omega t + \alpha_1 x} + C_2(\alpha) e^{i\omega t - \alpha_2 x}) d\alpha \right\} \quad (5)$$

(3)式を考慮して次式を得る。

$$\eta = \frac{H_0}{2} \gamma (e^{i(\omega t - \alpha_1 x) - m_1 x} - \frac{H_0}{2} e^{-m_2 x} \sin(\omega t - \alpha_2 x)) \quad (6)$$

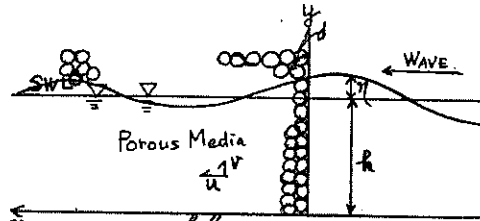


Fig-1. Notation and definition of Symbols.

ここに $\alpha_1, \alpha_2, m_1, m_2$ は次式である。

$$\left. \begin{aligned} \alpha_1 &= -\alpha_2 = m + i n \\ m &= \sqrt{\frac{\delta^2}{2gh} \sqrt{1 + (\frac{\delta^2}{2gh})^2} + 1} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

透水体内の速度uは(2),(6)式より、速度Vは $\frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\partial \eta}{\partial y} = 0$ より各々次式で与えられる。

$$u = \frac{H_0}{2} \frac{\partial e^{-m_1 x}}{\partial x} \sin \left\{ \omega \left(t + \frac{x}{\alpha_1} \right) - m_1 x \right\} \quad (8)$$

ここに $\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{m}{n} \right)$

$$V = \frac{H_0}{2} \frac{\partial}{\partial x} e^{-m_2 x} \cos \omega (\omega t - \alpha_2 x - m_2 x) \quad (9)$$

2-2 入射波が浅水表面波の場合

長波の場合と同様であるが速度分布を有するので平均速度 $\bar{u}$ を用いて表示する。すなわち式

$$u(x, y, t) = \frac{\eta h \cosh \frac{y}{h}}{\sinh \frac{\pi h}{\lambda}} \bar{u}(x, t) \quad (10)$$

で変換すると

基本式を1次式を得る。

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} = -g \frac{\partial \eta}{\partial x} - f \bar{u} \quad (11)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + h \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} = 0 \quad (12)$$

同様にすると η , u に対して式を得る。

$$\eta = \frac{H_0}{2} e^{-\pi x} \sin(\omega t - \pi x) \quad (13)$$

$$u = \frac{H_0 \omega}{2} \frac{\cosh \frac{y}{h}}{\sinh \frac{\pi h}{\lambda}} \left[m \cos(\omega t - \pi x) + \pi \sin(\omega t - \pi x) \right] \quad (14)$$

$$V = - \int_0^h \frac{\partial u}{\partial x} dy = \frac{H_0}{2} \omega e^{-\pi x} \frac{\cosh \frac{y}{h}}{\sinh \frac{\pi h}{\lambda}} \cos(\omega t - \pi x) \quad (15)$$

2-3 無次元量

透水体に波が入射した場合、その現象を規定する無次元量を構成する物理量として次のものが考えられる。

$\bar{u}$: 透水体前面平均流速, g : 重力, ρ : 水の密度,
 μ : 水の粘性係数, H : 波高, L : 波長, d : 粒径,
 h : 水深 これらに次元解析を付して式式を得る。

$$F(Fr, Re, \frac{H}{L}, \frac{h}{d}) = 0 \quad (16)$$

ここに Fr はフルード数, Re はレイリス数である。

3 実験的考察

3-1 実験装置及び方法

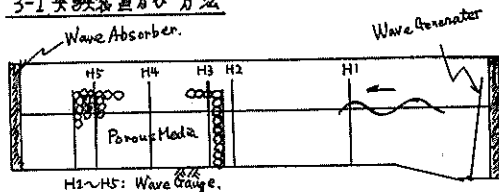


Fig-2. Arrangement for the Test channel.

実験に供した装置は Fig-2 に示す通りである。透水体長は 1m とし、3 種類のガラス球 (直径 2.3, 1.63, 1.2cm) を用いた透水体を構成した。これに種々の波を入射させて、沖波、透水体前面、透水体内の幾どの波高を測定した。

3-2 抵抗係数 f の決定

(6) 式に実験値を用い、 f を求め、さらに (7) 式より f_0 を求める。そして、この f_0 と (16) 式に示す無次元量との関係を表式で系統的に求め Fig-3 なる結果を得た。

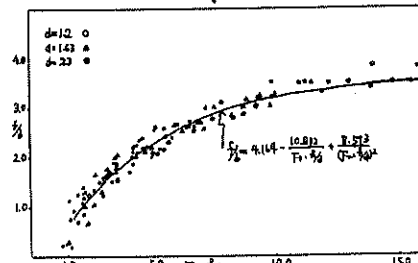


Fig-3 Relationship between f_0 and $Fr \cdot \frac{h}{d}$.

Fig-3 の実験式は $Fr \cdot \frac{h}{d} > 1.5$ の適用限界を有する。この過程によるズラシが有り、(6) 式 (7) 式の妥当性があると言え。これを妥当性を示す意味で実験式を (6), (7) 式を用いて透水体内の水波形を計算し、実験値と対比させたものが Fig-4 である。

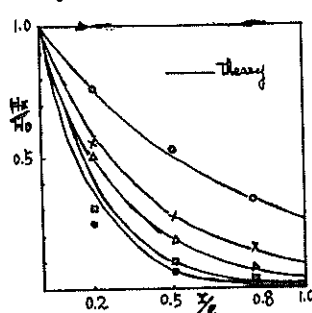


Fig-4. Relationship between H_2/H_0 and x/L .

Fig-4 において波高勾配が大きくなると理論と実験値の対応が悪くなる。これは微小抵抗波を仮定し理論を進めた事による。波高勾配 0.042 以下では対応が非常に良い。

4 おわりに

- 1) カナりの妥当性をもつ非定常状態での抵抗係数の表示を得た。
- 2) 抵抗係数の表示式を用いて透水体内の波高が計算でき、実験値との対応も良好であった。
- 3) 透水体内の流速の推定を (9), (10), (11) より求める段階に達した。

5 参考文献

- 1) 近藤淑市, 土木学会論文集 321~327
- 2) Ward, J.C., ASCE, HY5, pp1~11, September 1964.