

山口大学工学部 正会員 藤原 輝男
山口大学工学部 正会員 金山 和雄
(株) 後藤組 正会員 金田 米雄

1 まえがき. 海岸には水流を容易に透過させる、いはゆる透過性の構造物が多く見られる。たとえば松石堤、離岸堤、潜堤などがあげられる。これら構造物に波が入射した場合の水理現象の解明は海工工学分野において重要な課題の一つである。著者らは前面透通、後面に不透通壁を有する鉛直防波岸壁をとりあげその水理機能について考察を進めた。従来からこの種の研究は多くの研究者によりなされてきたがまだ多くの問題点を残している。富永、近藤らは理論的解析を示しているが抵抗係数の表示において非定常現象である波動運動に対して定常状態の抵抗表示を用いるという問題点を含んでいる。著者らは抵抗係数 $f = \text{const}$ とし解析解を求め、実験値とから f の函数形を非定常下において求め、興味ある結果を得たのでここに報告する。

2. 理論的考察.

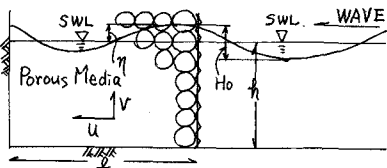


Fig-1 Notation and definition of Symbols.

流体は非圧縮性と完全流体と仮定し、入射波を微小振幅長波と仮定する。Fig-1 に示す座標の下では運動方程式、連続の式は一般に次式で表示される。

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

ここに f は透水体の流体抵抗を示すものである。すなわち透水体内の波を抵抗を受けながら進行する波として考える事を示す。(1)式において $f = \text{const}$ とすれば解析的に解く事が可能である。

$$\begin{aligned} x=0 \quad \eta &= H_0 \sin \delta t / 2 \\ x=l \quad u &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

(2)なる境界条件の下に(1)式を解くと透水体内の浪形 η 、透水体内の流速 u , v に対して次式を得る。

$$\eta = \frac{H_0 (P \sin \delta t + Q \cos \delta t)}{2 \{ (\cosh m l \cos n l)^2 + (\sinh m l \sin n l)^2 \}} \quad (3)$$

$$u = \frac{-\delta H_0 (S \cos \delta t - T \sin \delta t)}{2 h \{ (\cosh m l \cos n l)^2 + (\sinh m l \sin n l)^2 \}} \quad (4)$$

$$v = \frac{\delta H_0 (P \cos \delta t - Q \sin \delta t)}{2 h \{ (\cosh m l \cos n l)^2 + (\sinh m l \sin n l)^2 \}} \quad (5)$$

ここに m, n, P, Q, S, T は次式で与えられる。

$$m = \sqrt{\frac{\delta^2}{2gk} \left\{ \sqrt{1 + \left(\frac{f}{\delta}\right)^2} + 1 \right\}} \quad (6)$$

$$P = \cosh m l \cos n l \cosh m (l-x) \cos n (l-x) + \sinh m l \sin n l \sinh m (l-x) \sin n (l-x) \quad (7)$$

$$Q = \cosh m l \cos n l \sinh m (l-x) \sin n (l-x) - \sinh m l \sin n l \cosh m (l-x) \cos n (l-x) \quad (8)$$

$$S = \int P dx, \quad T = \int Q dx \quad (9)$$

次に入射波が微小振幅浅水表面波である場合は速度分布を有し (4) 式は成立せず、運動方程式、連続式は平均流速 $\bar{u}$ を用いて一般に次式の様に表示される。

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} = -g \frac{\partial \eta}{\partial x} - f \bar{u}, \quad \frac{\partial \eta}{\partial t} + h \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} = 0 \quad (10)$$

ここに $\bar{u} = U \sinh k h / n h \cosh n y$ である。

(10)式において $f = \text{const}$ とあれば長波の場合と同様に考えて解析的に解く事が可能である。(10)式なる境界条件の下に(10)式を解けば、透水体内又是水面上変動量 η 、透水体内の流速 u , v に対して次式を得る。

$$\eta = \frac{H_0 (P \sin \delta t + Q \cos \delta t)}{2 \{ (\cosh m l \cos n l)^2 + (\sinh m l \sin n l)^2 \}} \quad (11)$$

$$u = \frac{-H_0 \delta \cosh n y (S \cos \delta t - T \sin \delta t)}{2 \sinh n h \{ (\cosh m l \cos n l)^2 + (\sinh m l \sin n l)^2 \}} \quad (12)$$

$$v = \frac{H_0 \delta \sinh n y (P \cos \delta t - Q \sin \delta t)}{2 \sinh n h \{ (\cosh m l \cos n l)^2 + (\sinh m l \sin n l)^2 \}} \quad (13)$$

(3),(4),(5),(11),(12),(13)式において m, n は δ によって決まれば透水体内の水理諸量が求められる。

次に δ の決定について述べる。

3 実験的考察.

実験装置等についてはスライドにて詳細に報告する。
透水体は直径23cmのガラス球により作成し、長さ l は
70, 50, 30cm, 前面水深35, 25, 15cmの各組合せの下
に波形勾配0.0039~0.0105の範囲の波を入射させ総数
304の実験を行った。 α の決定に際してはこれら実験値
のうち透水体中央部の水面変動値 η を(3),(11)式に用い
て(3),(11)式を満足する様な α を求め、 m, n を求めた。
この m は透水体内の水理現象を規定する無次元量 η ,
 h/L , h/l により変動する。 m と各々の関係に考察に最
適無次元量として $Ho \cdot h \cdot l / L^3$ を得た。Fig-2より m と
 m との関係を両対数紙上に表示したものの一部である。
Fig-2より m と $Ho \cdot h \cdot l / L^3$ は両対数紙上で直線関係にある事
が推察できる。よって次式を仮定できる。

$$m = \alpha \left(\frac{Ho \cdot h \cdot l}{L^3} \right)^\beta \quad (14)$$

ここに α, β は係数である。(14)より(15)式より m の次元は
[L]である事がうかがい、 α, β は各々[L], [0]の次元
をもたねばならない。Fig-3, 4は m と $Ho \cdot h \cdot l / L^3$ との関係
より求められた α, β と $1/L$, h/L の関係を表示したも
のである。

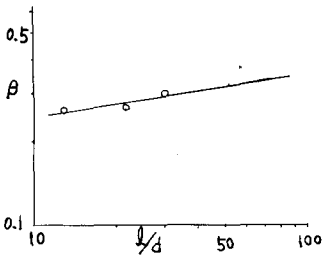


Fig-4 Relationship between β and l/d

Fig-3, 4より α, β に対して次式を得る。

$$\begin{aligned} \alpha &= 0.0954 + 5.233 (1/L) \\ \beta &= 0.18348 (1/d)^{0.13677} \end{aligned} \quad (15)$$

(14), (15)式に透水体内の抵抗が決めらるに由式によ
り η が求まり透水体内の水理諸量が計算される。

Fig-5は透水体内の水面変動量の実験値と理論値とを対
応させたものである。波形勾配の大きい波の場合には
理論値との対応が良好である($0.04 < h/L < 0.09$)。しかし波
形勾配の小さい波においてはそれ程良好な対応が見ら
れない。これは不透水層による波の反射及び底の場所
的変動に起因するものと推察できる。

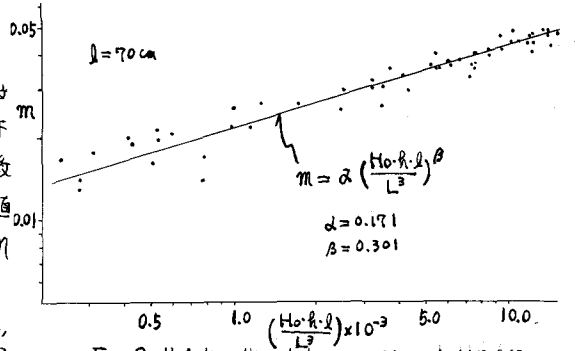


Fig-2 Relationship between m and $Ho \cdot h \cdot l / L^3$

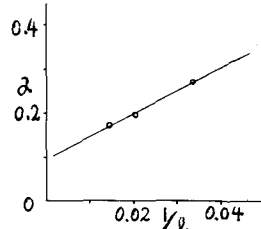


Fig-3 Relationship between α and $1/L$

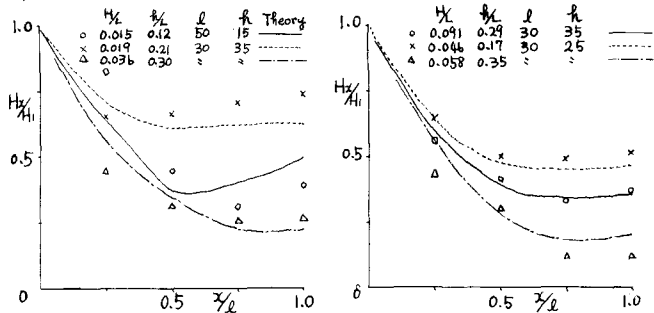


Fig-5. Compare with theory and experiments

4 查すに、

透過性構造物に波が入射した場合の透水体の流体
抵抗として次式を得た。

$$\frac{f}{\rho} = \sqrt{\frac{2g h (\alpha \chi)^2}{\alpha^2} + 1} - 1 \quad \chi = Ho \cdot h \cdot l / L^3$$

ここに $\alpha = 0.0954 + 5.233 (1/L)$,

$$\beta = 0.18348 (1/d)^{0.13677} \quad \text{である。}$$

5 参考文献

1. 金田和雄 山工研報告 Vol. 25 No. 1

July 1974.

(昭和50年4月1日)