II-39 固定鉛直壁背後域への波の透過に関する研究
—特に海面,海底に固定された場合—

山口大学工学部 正会員 金山和雄
〃 藤原輝男

1.まえがき 従来より、この種の問題に関しては不連続な境界面による波の変形として、数多くの研究が見られる。本報は海面に固定(カーテン防波堤)、および海底に固定(天端巾を無視した潜堤)の二つの場合について、Wiegel, および Fuchs の示した理論に対して若干の考察を示し、すでに著者の示した理論との対比を行いWave maker理論により求めた理論の検討を行ったものである。

2.理論的考察 流体は非圧縮,非粘性とし,運動は非回転とする。座標はFig-1で定義する。

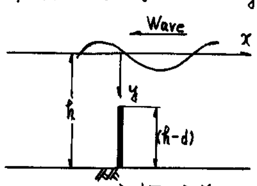

Fig-1. 座標の定義

したがって流体中いたるところでLaplaceの方程式が成立する。

$$\frac{\partial^2\phi}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\phi}{\partial y^2}=0 \qquad (1)$$

微小振幅波を仮定すれば自由表面,および水底の条件は次式となる。

$$\left(\frac{\sigma^2}{g}\phi+\frac{\partial\phi}{\partial y}\right)\Big|_{y=0}=0,\qquad \left(\frac{\partial\phi}{\partial y}\right)\Big|_{y=h}=0 \qquad (2)$$

よって(1)の解として次式を得る。

$$\phi=e^{i(\sigma t-k_0x)}\cosh k_0(y-h),\qquad \phi_j=e^{i\sigma t-k_jx}\cos k_j(y-h) \qquad (3)$$

解の線型性により,次式も(1)の解となる。

$$\Phi=A'\phi+\Sigma B_j'\phi_j \qquad (4)$$

一方,Barrierによる境界の条件を次式で表示する。

$$\frac{\partial\Phi}{\partial x}\Big|_{x=0}=f(y)\sin\sigma t \qquad (5)$$

ここに $f(y)$ は $0<y<h$ の区間で,次式で表示する。

$$f(y)=A\cosh k_0(y-h)+\Sigma B_j\cos k_j(y-h) \qquad (6)$$

(3)~(6)より,A', B_j' が決まり,Φ として次式を得る。

$$\Phi=Ak_0^{-1}\cos(\sigma t-k_0x)\cosh k_0(y-h)-\Sigma B_jk_j^{-1}e^{-k_jx}\sin\sigma t\cos k_j(y-h) \qquad (7)$$

ここに A, B_j は(6)より次式で与えられる。

$$\left.\begin{aligned}A&=\frac{4k_0}{2k_0h+\sinh 2k_0h}\int_0^h f(y)\cosh k_0(y-h)\,dy\\ B_j&=\frac{4k_j}{2k_jh+\sin 2k_jh}\int_0^h f(y)\cos k_j(y-h)\,dy\end{aligned}\right\} \qquad (8)$$

ここで,$f(y)$ に対して,Barrier前面に生ずる部分重複波を考慮して,その速度分布を用いると,$f(y)$ について次式を得る。

$$f(y)=0 \qquad (d<y<h) \qquad (9)$$

$$f(y)=-\frac{gTa}{L}\left(1-\sqrt{1-K_t^2}\right)\frac{\cosh k_0(y-h)}{\cosh k_0h}\cdots(0<y<d) \qquad (10)$$

(9), (10)を(8)に用い,さらに(7)によれば,速度ポテンシャルが確定する。これを表面条件,

$$\eta=\frac{1}{g}\frac{\partial\Phi}{\partial t}\Big|_{y=0} \qquad (11)$$

に用いれば次式を得る。

$$\eta=a\left(1-\sqrt{1-K_t^2}\right)\frac{\sinh 2k_0h-\sinh 2k_0(h-d)+2k_0d}{\sinh 2k_0h+2k_0h}\sin(\sigma t-k_0x) \qquad (12)$$

一方透過波形を次式とおき,

$$\eta_t=a_t\sin(\sigma t-k_0x) \qquad (13)$$

$x=0$ において $\eta=\eta_t$ を考慮し,(12), (13)を透過率 K_t について解けば次式を得る。

$$K_t=\frac{2W}{1+W^2}, \qquad (14)$$

ここに

$$W=\frac{\sinh 2k_0h+2k_0d-\sinh 2k_0(h-d)}{\sinh 2k_0h+2k_0h} \qquad (15)$$

(14), (15)は,天端巾を無視した場合の潜堤の透過率であるが,カーテン防波堤の場合についても,同様の考察により次式を得る。

$$K_t=\frac{2W'}{1+W'^2} \qquad (16)$$

$$W'=\frac{\sinh 2k_0(h-d)+2k_0(h-d)}{\sinh 2k_0h+2k_0h} \qquad (17)$$

3.理論と実験の対応。　Fig-2, 3は各々, 潜堤, カーテン防波堤に関して理論と実験の対応を示したものである。Fig-2において Energyの曲線は Fuchs の理論を, Fig-3においては Wiegelの理論値をそれぞれ与える。Momentumの曲線はすでに示した, 有限振幅波理論によるものである。Wave makerの曲線はFig-2においては(14),(15)を, Fig-3においては(16)(17)を与える。カーテンの場合は, 以下の点が観察できる。相対水深が小さい場合は Momentum による式が現象との対応が良く, 相対水深が大きくなると(14)(15)による Wave maker の式の対応が良いと言える。Wiegel の示した Energy式は相対水深が大きくなるにつれて Momentum式に近似してき, 相対水深0.19で良い対応を示している。

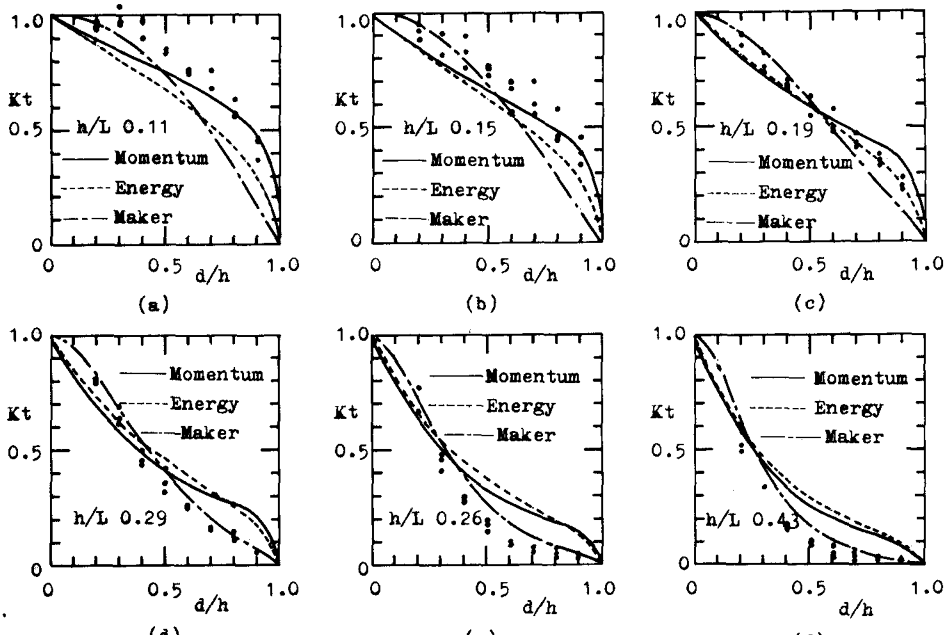

Fig-2. 理論と実験の対応（カーテン防波堤）

Fig-3の天端巾を無視した潜堤の場合については, 相対水深が小さい場合においては運動量保存則による Momentum式が実験値との対応が, すぐれている。相対水深が大きくなると, Fuchsの理論が適正な値を示す。

本報は, あらたに, Barrier前面に生ずる部分重複波を考慮して, Wave makerの理論により透過率の式を導いて, 他と対比したが, 今後, 壁による水流の攪乱を考慮した考察が必要と考え, 現在検討中である。

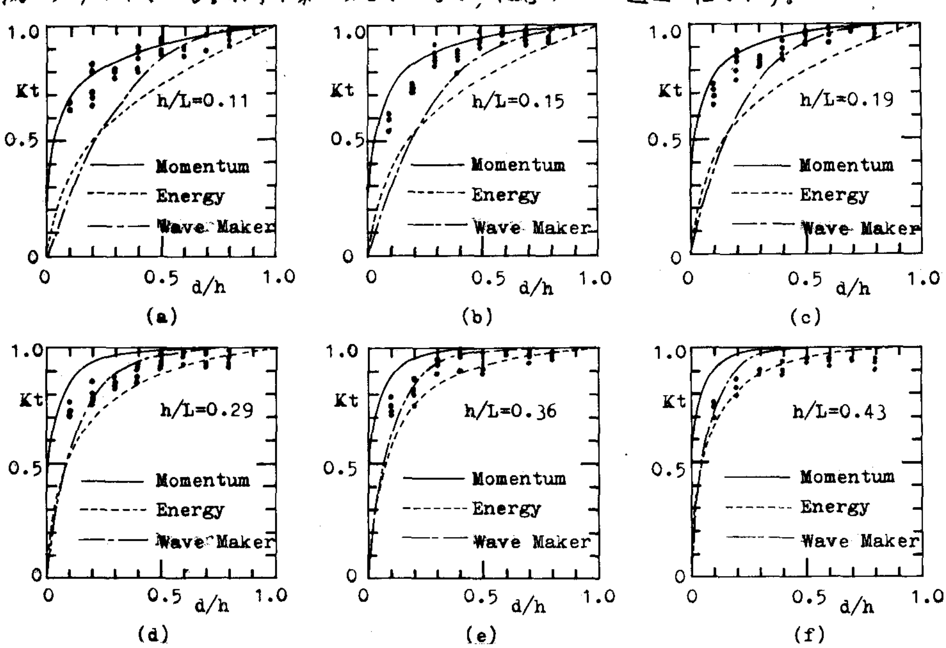

Fig-3. 理論と実験の対応（天端巾を無視した潜堤の場合）