

II-425

没水平板による波の反射率・透過率の簡易推定法

東京大学大学院

正 員 〇余 錫平

東京大学工学部

正 員 磯部雅彦 渡辺 晃

新日本製鉄(株)鉄構海洋事業部

正 員 木村秀雄 関田欣治

1. 序論

没水平板を用いた比較的大水深域における波浪制御法が提案されている。没水平板による波の反射率・透過率の推定にはいくつかの計算方法が適用できるが、実際の設計に際しては簡便なものが必要となる。そこで、本研究では線形解析解および実験データを基にして反射率・透過率の簡易推定式を提案する。

2. 簡易式の一般形式

図1のように、一様水深部の水深を h 、平板の平均没水深さを d 、平板の水平方向射影長さを ℓ_x 、鉛直方向射影長さを ℓ_y で表し、また、入射波周期を T 、波長を L_h 、波高を H_0 とする。従来の研究によれば、没水平板による波の反射率 K_r と透過率 K_t は、図2のような関数形を基本として近似的に表される。

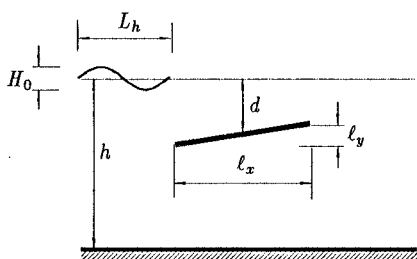


図1 没水平板の定義図

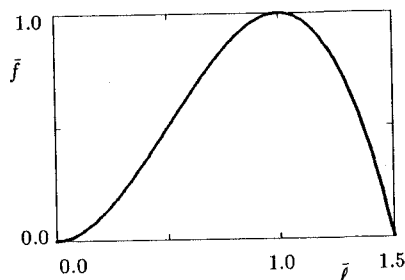


図2 反射率・透過率の関数形

ただし、 $\bar{f}$ は K_r/K_{rm} および $(1-K_t)/(1-K_{tm})$ を、 $\bar{\ell} = \ell_x/L_h$ は平板の水平方向相対射影長さを表し、 $\bar{\ell} = \bar{\ell}_m$ において、反射率は最大値 K_{rm} 、透過率は最小値 K_{tm} になる。また、 $\bar{f}$ に関して次の条件が成立する。

$$\bar{f}|_{\bar{\ell}=0} = 0; \quad \frac{\partial \bar{f}}{\partial \bar{\ell}} \Big|_{\bar{\ell}=0} = 0; \quad \bar{f}|_{\bar{\ell}=\bar{\ell}_m} = 1; \quad \frac{\partial \bar{f}}{\partial \bar{\ell}} \Big|_{\bar{\ell}=\bar{\ell}_m} = 0 \quad (1)$$

式(1)の条件より、 $\bar{f}$ を次のような形式で表す。

$$\bar{f} = 2 \left(\frac{\bar{\ell}}{\bar{\ell}_m} \right)^2 \left(1.5 - \frac{\bar{\ell}}{\bar{\ell}_m} \right) \quad (\bar{\ell} \leq 1.5\bar{\ell}_m) \quad (2)$$

以上より、 $\bar{\ell}_m$ 、 K_{rm} および K_{tm} が決定すれば、 K_r および K_t が簡単に計算できるようになる。

3. パラメータの決定

● $\bar{\ell}_m$ について 平板上下における線流量の位相差がほぼ π になると、波の反射率が最大(透過率が最小)になる。平板上における平均波数が平均水深に対する波数 k_d に等しいと仮定すると、反射率が最大になるための平板長さ ℓ_{xm} は式 $k_d \ell_{xm} = \pi$ によって得られる。これより、 $\bar{\ell}_{xm}$ は次式により定められる。

$$\bar{\ell}_m = r/2 \quad (3)$$

ただし、 $r = C_d/C_h$ であり、 C_d および C_h はそれぞれ平板上での平均水深および一様水深部の水深に対する波速である。

● K_{rm} と K_{tm} について 平板の傾きを無視すると、 K_{rm} と K_{tm} の減衰定常波を無視した線形解析解は次式で表される(余ら,1989)。

$$K'_R = \left| \frac{\mu_2^2 - \mu_1^2 + 1}{\mu_2^2 - \mu_1^2 - 1 - 2i\mu_2} \right| \quad K'_T = \left| \frac{2i\mu_1}{\mu_2^2 - \mu_1^2 - 1 - 2i\mu_2} \right| \quad (4)$$

ただし、

$$\mu_1 = \frac{1-r^2}{rk_d l} + \frac{r}{\sin k_d l} \quad \mu_2 = \frac{1-r^2}{rk_d l} + \frac{r}{\tan k_d l} \quad (5)$$

式(4)に基づいて線形波最大反射率 K'_{rm} と線形波最小透過率 K'_{tm} が求められるが、その近似値として式(6)が得られる。

$$K'_{rm} = \frac{1-r^2}{\sqrt{(0.23+r^2)^2 + (0.28/r+0.12r)^2}} \quad K'_{tm} = \frac{|1.57r-0.28/r|}{\sqrt{(0.23+r^2)^2 + (0.28/r+0.12r)^2}} \quad (6)$$

反射率・透過率には波の有限振幅性の影響も受けるので、 K'_{rm} と K'_{tm} に対してその分を補正する。補正係数は波の有限振幅性を表すパラメータの関数であることが考えられる。通常の場合に波の有限振幅性の影響は波形勾配やアーセル数で判断されるが、ここでは、入射波の波高、周期と平板上および一様水深部の水深を考慮して $U = H_0 L_h / h d$ を用いる。実際には K'_{rm} と K'_{tm} に与える補正係数は必ずしも同じでないが、ここでは同一の関数 $f(U)$ であると仮定する。つまり、

$$K_{rm} = f(U) K'_{rm} \quad K_{tm} = f(U) K'_{tm} \quad (7)$$

関数 $f(U)$ については、 $f(0) = 1$ が成立することと、表1に示されているデータを基に、次のような経験式が得られる。

$$f(U) = 0.6 + 0.4(1+U)e^{-U} \quad (8)$$

実験データは一様水深部の水深が20cm、平板が水平設置で没水深が4cm、波の周期が0.8sの条件で入射波高を変化させて得たものである。式(6)および(8)を式(7)に代入すると、入射波条件から K_{rm} と K_{tm} が求められる。

4. 簡易式の応用と検証

一様水深部の水深 h 、平板の平均没水深 d および入射波周期 T 、波高 H_0 が既知であると、微小振幅波の分散関係式を考慮して、パラメータ r および U が計算でき、式(3)によって $\tilde{\ell}_m$ 、式(6)、(7) および(8)によって K_{rm} と K_{tm} が計算できる。平板の長さが分かれば式(2)から波の反射および透過率が得られる。図3は平板の角度が10°、 $h=18\text{cm}$ 、 $d=7.2\text{cm}$ 、 $T=1.022\text{s}$ 、 $H_0=1.2\text{cm}$ の場合において計算した反射率・透過率の相対平板長に対する変化を示すものである。なお、実験データは青山ら(1988)によって得られたものである。平板が一定の角度を持つ場合についても、簡易式が実験結果とよく一致することが分かる。

表1: $f(U)$ と U の実験関係

$f(U)$	U
0.78	1.87
0.73	2.50
0.66	3.12
0.60	4.49

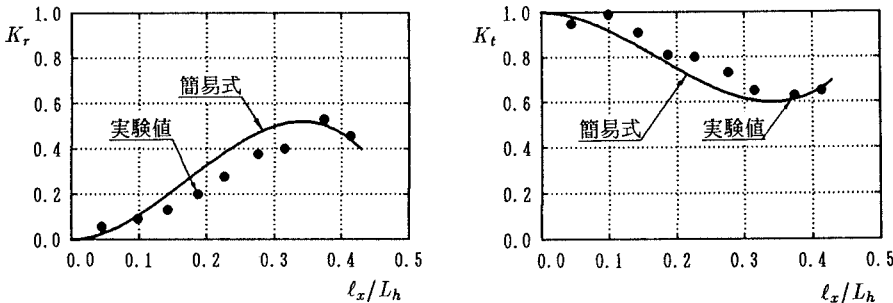


図3 簡易式による反射率・透過率と実験データとの比較

5. 結論

没水平板による波の反射率・透過率の簡易推定式を提案した。簡易式に含まれるパラメータは線形解析解および実験データを基にして得られた式によって、入射波条件から求められる。さらに、実験によって式の適用性が検証された。

参考文献： 1. 青山ら(1988), 第35回海講, pp. 507-511. 2. 余ら(1989), 第44回年講, pp. 678-679.