

縦スリット直立消波工消波室内外の水面変動

大阪市立大学工学部 正員 角野昇八・小田一紀
 同 学生員 ○村本哲二
 東洋建設(株) 正員 芳田利春

1. まえがき 直立消波工の消波室内外の水面変動量は、消波工の設計に必要とされる主要因子の一つであり、特に前面板前面波高は天端高決定のための、また背面不透過壁前面波高はパラペット天端高の決定のための主要な因子となる。また、現象そのものに対する水理学的興味も尽きない。本研究は、昨年¹⁾の海講における発表¹⁾と同様に縦スリット直立消波工を対象とし、今回はその消波室内外の水面変動量を解析しようとするものである。解析には前回同様MAM法²⁾を利用するが、今回は前面板におけるエネルギー損失の影響をも考慮しつつ境界値問題として解析する。また解析結果は実験値と比較することによりその妥当性を検証する。

2. 理論

1) エネルギー損失を考慮しない場合

F(x, y) を変数分離

形で表わした速度ポテンシャルの平面座標項とするとき、その外的解¹⁾である消波室内外の波としては、図-1に示すように6種の波を考えることができる。

これらは、入射波(i)、および不透過の柱体部から沖側に反射される波(ii)、スリットから沖側に発生する波(iii)、スリットから消波室内側に発生する波(iv)、柱体部から消波室内側に反射される波(v)、背面不透過壁よりの反射波(vi)、より成り立っている。ここで、①前面板において(i)と(ii)の波による合成水平水粒子速度成分が0であること、②(v)と(vi)との波に対しても同様の条件が成り立つこと、③背面不透過壁において(iv)~(vi)の波による合成水平水粒子速度成分が0であること、の境界条件を考慮すれば、入射波の振幅に相当する複素定数 A_1 を除いて上記(i)~(vi)の波の形がすべて確定されることになる。さらに外的解と内的解¹⁾との matching¹⁾によりこの A_1 も確定され、

$$A_1 = -C/2D - i/2\lambda D(1 - e^{-2\lambda l}) \quad (1)$$

ここに D : 隣接柱体中心間隔, λ : 消波室幅, であり、また C は "blockage coefficient" と呼ばれる理論定数¹⁾で、柱体列断面形状のみにより一意的に決定される量である。

2) エネルギー損失を考慮する場合

波が前面板を通過する際に発生する渦等による損失エネルギーは、既に明らかにしたように²⁾、背面不透過壁の無い場合、図-1に示す(iii)の波には何等の影響も与えず、(iv)の波の波高のみを減じさせる。しかしながら背面に不透過壁がある場合には、この影響は不透過壁で"反射"され、遂には消波室外側の波にも影響が及ぶことになる。そこでこの損失エネルギーを考慮に入れるために以下のように考える。すなわち、図-1に示す(iv)の波がスリットから発生直後は何の影響も受けないが、消波室内を進行するにつれて乱水によりエネルギーを損失し続け、背面不透過壁には結局、(iv)の波の波高の $(1-\varepsilon)$ 倍の波高の波が到達するものとする。ここに $\varepsilon (=0 \sim 1)$ は、

波高の減衰の程度を表わすパラメータである。この波を既述の(IV)の波とは別に不透過壁前面に考え、さらに前記の境界条件を考慮すれば、結局、消波室内外の波を表わす式として次式を得る。

$$F(x, y) = A_I \cdot e^{ikx} + A_{II} \cdot e^{-ikx} + \frac{1}{2kD} \cdot e^{-ikx} \quad (x \rightarrow -\infty) \quad (2)$$

$$F(x, y) = -\frac{1}{2kD} \cdot e^{ikx} + (1-E) \left[-\frac{1}{2kD} (e^{-2ikl} - 1) \cdot e^{ikx} - \frac{1}{2kD} (e^{-2ikl} - 1) \cdot e^{-ikx} \right] \quad (0 < x < l) \quad (3)$$

$$F(x, y) = (1-E) \left[-\frac{1}{2kD} \cdot e^{ikx} - \frac{1}{2kD} (e^{-2ikl} - 1) \cdot e^{-ikx} - \frac{1}{2kD} (e^{-2ikl} - 1) \cdot e^{-ikx} \right] \quad (0 < x < l) \quad (4)$$

またこの場合の A_I は、外的解と内的解との matching により $A_I = -C/2D - i(e^{-2ikl} - E)/2kD(e^{-2ikl} - 1)$ (5) のように得ることができる。

このようにしてこの場合の解もすべて確定され、さらに $x = x$ におけるこれらの波の波高の入射波波高に対する比は、以下のように求められる。

$$H/H_I = \sqrt{2[(\sin kx - kC \cos kx)^2 (1 - \cos 2kl) + (1-E) \sin 2kl (\sin 2kx - kC \cos 2kx) + \{2E - 1\} (E - \cos 2kl) - E + i\} \cos^2 kx] / P} \quad (x < 0) \quad (6)$$

$$H/H_I = \sqrt{2[\sin^2 kx (1 - \cos 2kl) + (1-E) \sin 2kl \cdot \sin 2kx + \{2E - 1\} (E - \cos 2kl) - E + i\} \cos^2 kx] / P} \quad (0 < x < l) \quad (7)$$

$$H/H_I = \sqrt{2\{(1-E)^2 (\sin 2kl \cdot \sin 2kx + \cos 2kl \cdot \cos 2kx + 1)\} / P} \quad (0 < x < l) \quad (8)$$

$$P = 2k^2 C^2 (1 - \cos 2kl) - 2kC (1-E) \sin 2kl - 2E \cos 2kl + (1+E^2) \quad (9)$$

3. 実験値との比較

得られた理論値を昨年度に既に得られている実験値と比較した。実験条件は前論文¹⁾に記したのと同様である。

図-2(a)には、エネルギー損失を考慮しない($E=0$)場合の理論曲線を同じ条件下の実験値とともに示した。理論値算定の x 座標(原点は前面板中心線上)は、実験における波高測定地点と同じく、構造物表面より5cm離れた点の座標値である。同図によれば、両者はほぼよく似た傾向を有するものの、特に不透過壁前面波高において若干の差異が認められる。そこで次に、不透過壁前面波高の実験値と理論値とが best fit するように E の値を逆算し、その値を式(6)および式(7)に代入してエネルギー損失を考慮した理論曲線を算定した。図-2(a)と同条件でその曲線を示したものが図-2(b)である(この場合の $E=0.28$)。両図を比較するとき、 E を考慮することにより理論値と実験値との整合性が不透過壁前面波高は勿論、いずれの地点の波高に対してもより良好となっているのが認められる。また図-3~5にはこれらとは異なる条件下における同様の図を示すが、いずれの場合にも理論曲線と実験値とはよく一致しており、ここに提案のエネルギー損失の概念を導入したポテンシャル流理論の妥当性を示しているものと思われる。

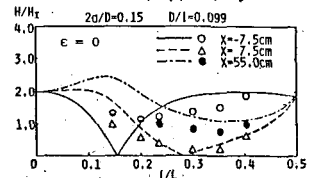


図-2(a)

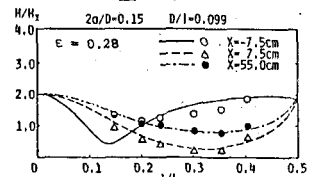


図-2(b)

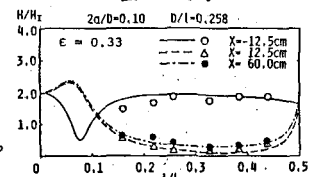


図-3

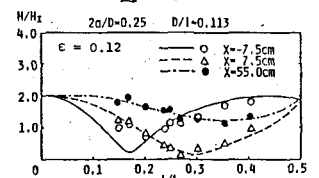


図-4

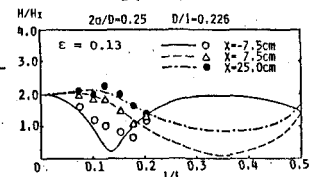


図-5

<参考文献>

- 1) 角野・小田・伊庭・芳田, 第31回海講, pp 507~511, 1984.
- 2) 角野・小田・伊庭, 第30回海講, pp 395~399, 1983.