

港口部における波のエネルギー損失に関する実験

京都大学工学部 正員 岩垣雄一

京都大学工学部 正員 〇村上仁士

愛知県工本部 正員 鶴飼増由

1. まえがき: 防波堤開口部を通過して侵入した波のエネルギーは、港湾内に蓄積されると同時に防波堤開口部から外海へと放射され、それらが平衡状態となり湾水の共振現象が生ずるのであるから、防波堤開口部の水理特性とくに開口部で失われる波のエネルギーの定量的評価が重要と becoming. ここでは、湾奥で反射がはじめる場合、すなわち開口部を通過して波が無限に進行する場合について、開口部で失われるエネルギーがどの程度であるかを実験的に調べ、あわせて、港湾内での底面摩擦および内部粘性による波のエネルギー損失についても考察を加えて比較検討する。

2. 実験方法: 実験は京都大学工学部土木工学教室地下実験室の透波水槽(70'x50'x3')を用いて行なった。水槽の一端に設置された合成波発生機のうちの単一波発生装置を使用し、他端には消波工を設けて波の反射を防いだ。開口部模型は透波板から17.5 m の位置に置き、開口幅を5 cm および10 cm の2種類、周期は1.8, 2.0, 2.55 および2.83 sec の4種類、波高は5~15 mm に変化させ、水深は実験を通じて10 cm とした。入射波高および反射波高はHealyの方法により求め、とくに入射波高については模型から沖側5.5 m の地点においても入射波高を測定し、Healyの方法によって求めた入射波高と比較することにより、Healyの方法による測定誤差を最小限にするように努めた。透過波高は防波堤開口部による損失の影響がはじめるころ、すなわち水槽幅方向に波高が変化しはじめる位置である開口部から2 m の位置で測定した。

3. 内部粘性、底面および水槽壁面の摩擦による波のエネルギー損失: 微小振幅波による単位時間、単位面積あたりの内部粘性による波高減衰は次式で示される。

$$H/H_1 = \exp(-\epsilon_i \cdot x/L), \quad \epsilon_i = [4\pi^2/(BL)(\sinh 2ka + 2ka)](2k/B) \sinh 2ka$$

$$B = \sqrt{\pi}(\nu T) \quad (1) \quad \text{ここに、} x: \text{波の進行方向の距離, } H: x=0 \text{ における波高, } L: \text{波長, } k = 2\pi/L, T: \text{周期, } a: \text{水深, } \nu: \text{動粘性係数。いま } x = 5.5 \text{ m,}$$

$T = 1.8 \sim 2.83 \text{ sec, } a = 10 \text{ cm}$ として計算してみると、内部粘性によるエネルギー損失はたかだか0.02%で、この効果は無視しうることがわかった。底面および水槽壁面による摩擦損失は

$$H/H_1 = \exp(-\epsilon_{(b+w)} \cdot x/L), \quad \epsilon_{(b+w)} = (1+\psi)\epsilon_b,$$

$$\psi = \sinh 2ka / (kB), \quad \epsilon_b = 4\pi^2/[BL(\sinh 2ka + 2ka)] \quad (2)$$

ここに、 B : 水槽幅、で示され、上述の例を用いてエネルギー損失を求めると、5%以下になる。

4. 防波堤開口部に生ずる渦の地によるエネルギー損失: 単位幅、単位時間に開口部で失われるエネルギー-消散率 ϵ は次式で示すことができる。

$$\epsilon = 1 - K_R^2 - K_T^2 \quad (3) \quad \text{ここに、} K_R: \text{反射率}(H_R/H_1), K_T: \text{透過率}(H_T/H_1),$$

H_R , H_T および H はそれぞれ反射波高, 透過波高および入射波高である。

図-1 は開口幅 D と水槽幅 B との比 D/B が 0.1 と 0.2 の場合のエネルギー分散率 $K_R = K_T$ の度数として示しにものがあり, 式(2)で示される相互の度係も同時に記入している。なお図に示す反射率は Healy の方法によるものである。この図から D/B が小さくなるにつれて ε は大きくなる傾向があり, D/B が 0.1 および 0.2 の場合それぞれ 60-80% および 50-75% のエネルギーが開口部を失われることがわかる。反射率および透過率は当然波形勾配に依存するが, ことによらず波形勾配の影響を示しにものが図-2 である。本実験の範囲内では波形勾配の分散率に与える影響はほとんどないようである。

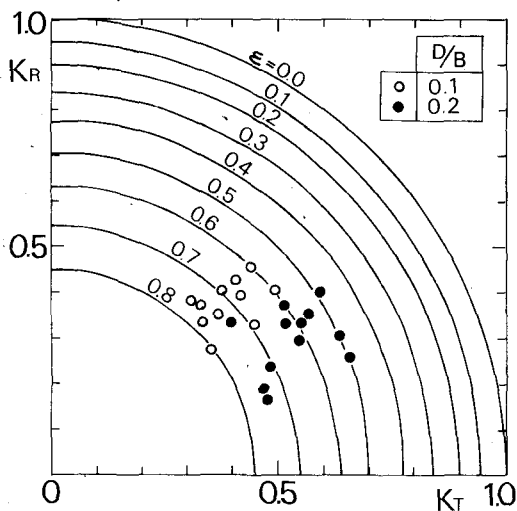


図-1 $\varepsilon = 1 - K_R^2 - K_T^2$ の度係

5. 簡便法: Healy の方法を用いる際, 最大および最小波高を測定する必要があるが, 本実験では波形勾配が小さく, それらの出現位置を見出すことが困難である。ここでは防波堤前面の波高が亦から反射率を求む方法(以下簡便法と呼ぶ)と考案し, Healy の方法から求めた反射率によるエネルギー損失と簡便法によるものとを比較した。その結果を図-3 に示す。横軸に簡便法により求めた分散率 ε_c を, 縦軸に Healy の方法から求めた ε_H をとっている。この図から両者の度係は, ほぼ 1 対 1 の対応をしており, 幅の狭い水槽で行う反射実験で, とくに波形勾配が小さく最大および最小波高の出現位置を求むことが困難な場合には, 簡便法を用いても, それほど大きい誤差は生じないことがわかる。

最後に本研究は, 文部省科学研究費による研究の一部であることを併記する。

参考文献

- 1) 若垣雄一: 波の変形論, 1967 年度水工学に関する夏期研修会講義集, 土木学会水理委員会, PP.09-1-09-24, 1967.

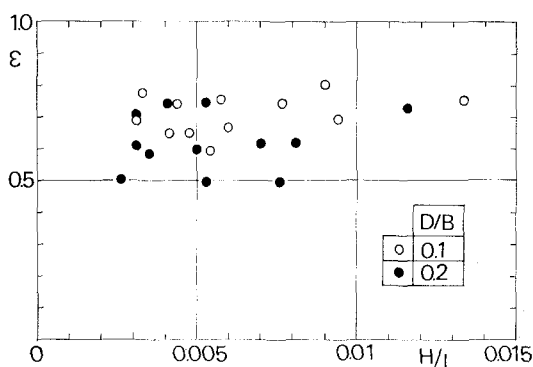


図-2 エネルギー分散率によらず波形勾配の影響

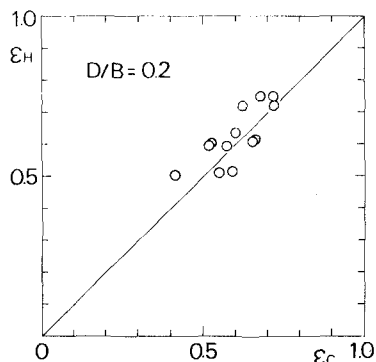


図-3 ε_c と ε_H の度係