

阿南工業高等専門学校

正員

○島田富美男

徳島大学工業短期大学部

正員

村上 仁士

1. まえがき: 前報¹⁾では、図-1に示すような2つの開口部をもつ長方形港湾の湾水振動について述べたが、開口部における波のエネルギー損失は考慮していなかった。そこで、本報は開口部における波のエネルギー損失を表すために、エネルギー損失係数を導入した湾水振動理論を導き、開口部の位置およびエネルギー損失係数の変化に伴う湾水振動特性について検討した。

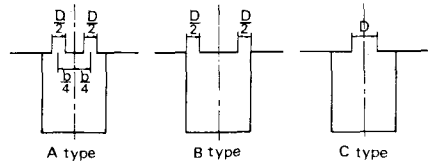


図-1 港湾モデル

2. 理論解: 解析にあたり、図-2に示すような座標系をとり、湾内外の水深 h は一定であると仮定する。Ippen-Goda²⁾と同様な手法を用いて、湾内外の水面上昇量を求め、著者の一人が行なったように開口部で湾内外の水位差が流速の2乗に比例するという条件のもとで、湾奥 $(0, -l)$ における波高増幅率 R (入射波高の2倍に対する湾奥の波高)を求めると次のようになる。

$$R = \left| \frac{e-d}{P} \cdot \frac{1-S_2}{\sin k l} C \right| \quad (1)$$

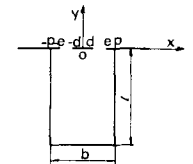


図-2 座標系

$$\text{ただし, } S_2 = \frac{4P \sin k l}{\pi(e-d)} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\{\sin(\frac{n\pi e}{2P}) - \sin(\frac{n\pi d}{2P})\}}{n^3 \beta_n \tanh \beta_n k l} \cdot \cos^2(\frac{n\pi}{2}) \quad (2)$$

であり、 C は次の4次方程式を解くことにより、求められる。

$$C^4 + 2\lambda \psi C^3 + \lambda^2 \{\psi^2 + \{\psi_1' - \frac{e-d}{P}(\cot k l - S_1)\}^2\} \cdot C^2 - \lambda^2 = 0 \quad (3)$$

$$\text{ここで, } \lambda = \frac{3\pi h}{4fH} \quad (4), \quad S_1 = \frac{8P^2}{\pi^2(e-d)} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\{\sin(\frac{n\pi e}{2P}) - \sin(\frac{n\pi d}{2P})\}}{n^3 \beta_n \tanh \beta_n k l} \cdot \cos^2(\frac{n\pi}{2}) \quad (5)$$

$$\psi_1' = \frac{e}{e-d} \psi_1(k e) + \frac{d}{e-d} \psi_2(k e) - \frac{e+d}{e-d} \psi_1(k \frac{e+d}{2}) + \psi_2(k \frac{e-d}{2}), \quad \lambda = 1, 2 \quad (6)$$

$$\text{ただし, } \psi_1(k x) = \frac{2}{\pi} k x \int_0^{k x} \frac{\sin^2 \alpha}{\alpha^2 \sqrt{(k x)^2 - \alpha^2}} d\alpha, \quad \psi_2(k x) = \frac{2}{\pi} k x \int_{k x}^{\infty} \frac{\sin^2 \alpha}{\alpha^2 \sqrt{\alpha^2 - (k x)^2}} d\alpha \quad (7)$$

$$\beta_n = \sqrt{\left(\frac{n\pi}{2kP}\right)^2 - 1} \quad (8), \quad \text{ } f \text{ は損失係数, } k \text{ は波数, } H \text{ は入射波高, } g \text{ は重力加速度である。}$$

3. 湾水振動特性

図-3は、A, BおよびC型の港湾について式(1)から計算した湾水振動曲線の一例である。図から、エネルギー損失が同じであれば、A型およびB型の R はほぼ等しく、C型の R がそれらより若干

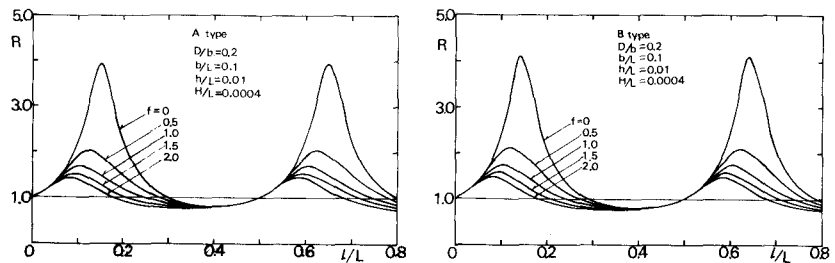


図-3 湾水振動特性

大きい値をもつことがわかる。また、開口部の位置によって波高増幅率はたいして影響を受けないと思われる。

なお、波のエネルギー損失が大きくなれば、共振時の波高増幅率は急激に減少するので、開口部で失われる波のエネルギー損失の評価が重要になるであろう。

(1) f と R の関係 図-4

は、A, B および C 型によ

てエネルギー損失係数が共

振時の波高増幅率 R_R にどのような影響を与えるかを示したものであり、開口

比 D/b が小さい ($D/b = 0.2$) とときは、 D/b が大きい ($D/b = 0.8$) 場合

に比べ f の増加につれて急激に波

高増幅率が減少する。また、 D/b

$= 0.8$ の場合、A, B および C 型

による R_R の変化はほとんどないが、

$D/b = 0.2$ では、開口部の相違に

よって、 R_R に若干の差異が表われ

てくる。しかし、これらの差異は

工学的には意味をもたないものと

考えられる。したがって、エネ

ルギー損失係数による波高増幅率へ

の影響は開口部の型によって決ま

るのではなく、開口幅の大きさによ

って決まってくると思われる。図-5

は、各開口部の形状による D/b に対する R_R を比較したもので、A 型と B 型

の R_R は D/b にかかわらずほぼ等しく、C 型がこれらの場合よりもいくぶん

R_R が大きくなる。しかし、前にも述べたように、これらの差異が工学的に

意味があるとは考えられず、A 型および B 型の計算にあたり、実際には比

較的簡単な C 型の計算でそれらの特性を把握できるであろう。

(2) f と R_R の関係 図-6 にエネルギー損失係数 f と共振湾長の関係

を示している。図から、 $D/b = 0.8$ のときは、 f により共振湾長はほとん

ど変化しないが、 $D/b = 0.2$ のときは、 f が大きくなるにつれ共振湾長は

短くなっており、また A, B および C 型の場合の共振湾長の差がかなり大きくな

てくる。しかしながら、 f

が大きくなれば開口部の型による差はほとんどなくなる。

4. あとがき

エネルギー損失を考慮に入れて、2 つの開口部をもつ港湾の湾水振動について考察し興味あ

る成果を得たが、開口比が一定であれば開口部の型にかかわらずエネルギー損失係数が等しいかどうかは実験に

よらなければならぬ。ここでは、港湾の形状応答について行なったが、周波数応答については講演時報告の予

定である。

参考文献

- 1) 村上・島田: 2 つの開口部をもつ湾水振動特性, 第 31 回年講, pp. 59-60, 1976.
- 2) Ippen, A.T. and Y. Goda: Wave induced oscillations in harbors, Hydrodynamics Lab., MIT, Rep. No. 59, July, 1963.
- 3) 村上・野口: 湾水振動における防波堤開口部の波のエネルギー損失について, 第 23 回年講, pp. 416-421, 1976.

図-3 湾水振動特性

振時の波高増幅率 R_R にどのような影響を与えるかを示したものであり、開口

比 D/b が小さい ($D/b = 0.2$) とときは、 D/b が大きい ($D/b = 0.8$) 場合

に比べ f の増加につれて急激に波

高増幅率が減少する。また、 D/b

$= 0.8$ の場合、A, B および C 型

による R_R の変化はほとんどないが、

$D/b = 0.2$ では、開口部の相違に

よって、 R_R に若干の差異が表われ

てくる。しかし、これらの差異は

工学的には意味をもたないものと

考えられる。したがって、エネ

ルギー損失係数による波高増幅率へ

の影響は開口部の型によって決ま

るのではなく、開口幅の大きさによ

って決まってくると思われる。図-5

は、各開口部の形状による D/b に対する R_R を比較したもので、A 型と B 型

の R_R は D/b にかかわらずほぼ等しく、C 型がこれらの場合よりもいくぶん

R_R が大きくなる。しかし、前にも述べたように、これらの差異が工学的に

意味があるとは考えられず、A 型および B 型の計算にあたり、実際には比

較的簡単な C 型の計算でそれらの特性を把握できるであろう。

(2) f と R_R の関係 図-6 にエネルギー損失係数 f と共振湾長の関係

を示している。図から、 $D/b = 0.8$ のときは、 f により共振湾長はほとん

ど変化しないが、 $D/b = 0.2$ のときは、 f が大きくなるにつれ共振湾長は

短くなっており、また A, B および C 型の場合の共振湾長の差がかなり大きくな

てくる。しかしながら、 f

が大きくなれば開口部の型による差はほとんどなくなる。

4. あとがき

エネルギー損失を考慮に入れて、2 つの開口部をもつ港湾の湾水振動について考察し興味あ

る成果を得たが、開口比が一定であれば開口部の型にかかわらずエネルギー損失係数が等しいかどうかは実験に

よらなければならぬ。ここでは、港湾の形状応答について行なったが、周波数応答については講演時報告の予

定である。

参考文献

- 1) 村上・島田: 2 つの開口部をもつ湾水振動特性, 第 31 回年講, pp. 59-60, 1976.
- 2) Ippen, A.T. and Y. Goda: Wave induced oscillations in harbors, Hydrodynamics Lab., MIT, Rep. No. 59, July, 1963.
- 3) 村上・野口: 湾水振動における防波堤開口部の波のエネルギー損失について, 第 23 回年講, pp. 416-421, 1976.

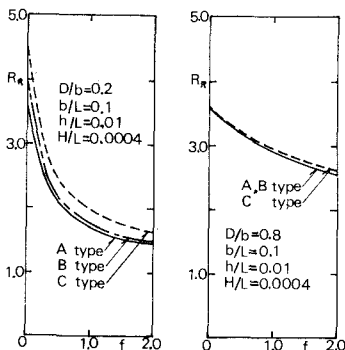


図-4 f と R_R の関係

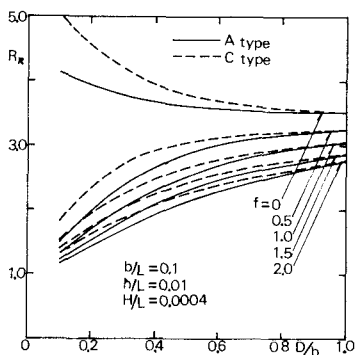


図-5 D/b と R_R の関係

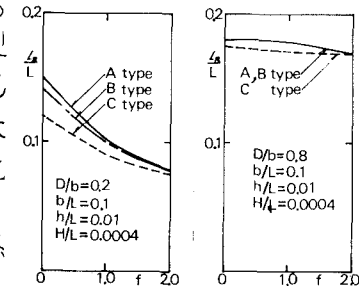


図-6 f と R_R の関係