

徳島大学工業短期大学部

正員 村上 仁士

徳島大学大学院

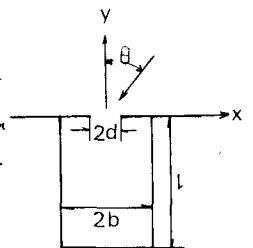
学生員 野口 英二

徳島大学大学院

学生員 鈴木 一光

1. まえがき 海岸線に対して、波が直角に入射する場合の湾水振動については、従来、数多くの研究が行われているが、波が入射角度をもって湾内に侵入する場合の研究は少ない。ここでは、湾奥の振動特性に及ぼす波の入射角度の影響について、理論および実験の両面から検討する。

2. 実験 実験は、幅15cm、長さ30cm、深さ60cmの平面水槽を用い、図-1に示す湾モデルについて、 $2b$ を20cm、50cmの2種類、それぞれの湾湾幅について $\%b$ を0.2、1.0に変化させた。さらに、これらの湾湾幅について、入射角度 $\theta$ を $0^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $60^\circ$ に変化させた。また、実験条件としては、周期 $T=1.94$ sec、水深 $h=15$ cm、入射波高 $H=2.33 \sim 2.91$ cmである。なお、波高測定に関してはビデオカメラを使用し、VTRに記録再生して読み取りを行った。



3. 理論解 理論解析は、Ippen-Godaの方法と同様に、開口部において、流速が等しく、かつ、斜め重複波と攪乱波による外海側の平均水位と湾湾側の平均水位が等しいという条件を用いて式(1)のような波高増幅率 $R$ に関する解を得た。

湾モデルの記号の説明

$$R(0, L) = \frac{\sin(kd \sin \theta) \{1 - S_2\}}{kd \sin \theta} \sqrt{\cos^2 kL - (S_1 + b/d X_2) \sin^2 kL + (b/d X_1 \sin kL)^2} \quad (1)$$

ただし、 $k$ は波数

$$S_2 = \frac{4b}{\pi d} \sin kL \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin \frac{n\pi d}{2b} \cos^2 \frac{n\pi}{2}}{n\beta_n \sinh(\beta_n kL)} \quad S_1 = 8 \cdot (\pi d)^2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(\sin \frac{n\pi d}{2b} \cos \frac{n\pi}{2})^2}{n\beta_n \tanh(\beta_n kL)}$$

$$\beta_n = \sqrt{\left(\frac{n\pi}{2b}\right)^2 - 1} \quad X_1 = \frac{2}{\pi} kd \int_0^{kd} \frac{\sin^2 \xi}{\xi^2 \sqrt{(kd)^2 - \xi^2}} d\xi \quad X_2 = \frac{2}{\pi} kd \int_{kd}^{\infty} \frac{\sin^2 \xi}{\xi^2 \sqrt{\xi^2 - (kd)^2}} d\xi$$

4. 理論結果および実験結果 表-1は、式(1)から求められる共振時の波高増幅率 $R_R$ 、相対共振湾長 $l_R/L$ を示している。 $R_R$ に注目すると、開口比 $\%b$ が小さい場合は、湾湾幅にかかわらず入射角度 $\theta$ の影響は小さいが、 $\%b$ が大きい場合は、湾湾幅が小さくなるにつれて入射角度の影響が少いと思われる。一方、 $l_R/L$ は入射角度によらず一定値を取りうると思われる。しかしながら、 $R_R$ 、 $l_R/L$ 、いずれの場合も入射角度による影響は、それほど顕著ではない。その理由として、 $kd$ 、 $\theta$ が小さい場合は、式(1)中の分子が $\theta=0^\circ$ の場合、Ippen-Godaの理論解と同じとなり、入射角度に関係しなくなる。ここでは、すべての実験結果を示していないが、理論値と実験値を比較した場合、湾湾幅が広い場合は $\theta$ による $R$ への影響は小さく、また、湾湾幅が狭い場合も、 $\%b$ が小さいほど $\theta$ による $R$ への影響が小さい。そこで、比較的

表-1 理論解による共振時の性質

| $2b_{(cm)}$ | $d/b$ | $\theta$   | $l_R/L$ | $R_R$  |
|-------------|-------|------------|---------|--------|
| 20          | 1.0   | $0^\circ$  | 0.19    | 3.9623 |
|             |       | $30^\circ$ | 0.19    | 3.9499 |
|             |       | $60^\circ$ | 0.19    | 3.9251 |
| 20          | 0.2   | $0^\circ$  | 0.13    | 4.9148 |
|             |       | $30^\circ$ | 0.13    | 4.9142 |
|             |       | $60^\circ$ | 0.13    | 4.9130 |
| 50          | 1.0   | $0^\circ$  | 0.15    | 1.8536 |
|             |       | $30^\circ$ | 0.15    | 1.8175 |
|             |       | $60^\circ$ | 0.15    | 1.7464 |
| 50          | 0.2   | $0^\circ$  | 0.07    | 3.0009 |
|             |       | $30^\circ$ | 0.07    | 2.9985 |
|             |       | $60^\circ$ | 0.07    | 2.9985 |

$\theta$  の  $R$  に及ぼす影響があらわれて  
 いる  $2b$  が小さく、 $b/d$  が大きい場合  
 の振動特性と、 $2b$  が大きく  $b/d$  が小  
 さい場合の共振特性を図-1に示す。  
 $2b$  が小さい場合、共振時において  
 1次モードでは  $30^\circ$ 、 $0^\circ$ 、 $60^\circ$  の順に  
 $R_R$  は小さくなっていくが、2次モ  
 ードでは  $0^\circ$ 、 $30^\circ$  の大小が論じられ  
 ない。また、 $2b$  が大きい場合は、 $0^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $60^\circ$  の順に小さくなる

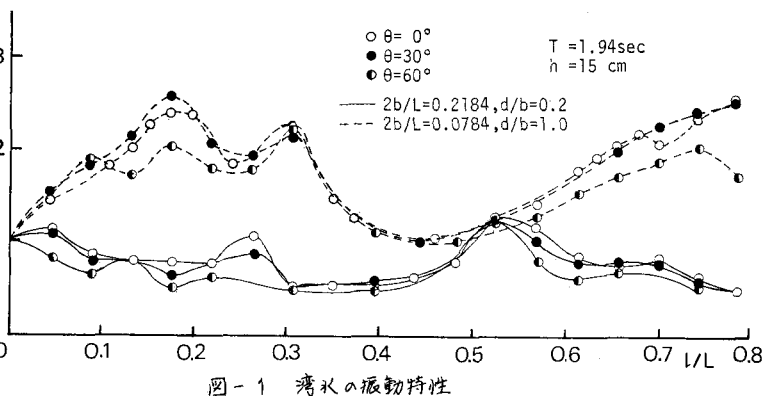


図-1 湾水の振動特性

ているが、いずれのモードも  $60^\circ$  の場合が、 $R_R$  が小さいことがわかる。ところで、実験値のなかで1次共振点より  
 も少し大きい  $b/d$  で、 $\theta$  にかかわらず理論結果では得られないような現象がみられ、実験水槽によるものか、その  
 他の理由によるものか原因が明らかでない。

図-2は、共振時の波高増幅率  $R_R$  を示している。図から、入射角度  $\theta$  の変化によ  
 る  $R_R$  は、理論結果では  $0^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $60^\circ$  の順に小さくなっていくが、開口比  $b/d$  が小さくな  
 るにつれて全体的に  $R_R$  の値は増加するが、その場合、 $R_R$  の値はほぼ同じ値をとりつ  
 ついかわゆる harbor paradox の現象を呈している。一方、実験値においては  $30^\circ$ 、 $0^\circ$ 、  
 $60^\circ$  の順に小さくなっているが、いずれの場合も、 $b/d$  が小さくすれば  $R_R$  は低下して  
 おり、開口部でのエネルギー損失があるものと考えられる。また、ここでは図示し  
 ないが、1次モードおよび2次モードにおける  $R_R$  を比較した結果、いずれの場合  
 も  $\theta$  が  $60^\circ$  の場合が、 $R_R$  に及ぼす影響が小さいということがわかっている。

図-3は、相対共振湾長  $l/L$  をとっているが、1次モードでは、理論値、実験とも  
 入射角度によらず、ほぼ同じ値をとっている。しかしながら、2次モードの実験値  
 においては入射角度によって明らかに  $l/L$  の値が異なっており、実験精度に若干の問題  
 はあるとしても、入射角度  $\theta$  が  $l/L$  に及ぼす影響があらわれるのは興味ある現象である。

ところで、円形湾を対象とした Mei-Petroni の理論では、入射角度  $\theta$  が大きくな  
 るにつれて、 $R_R$  は増加しているが、本実験に基づくと限り、やや、そのような特性は  
 疑問に思われる。

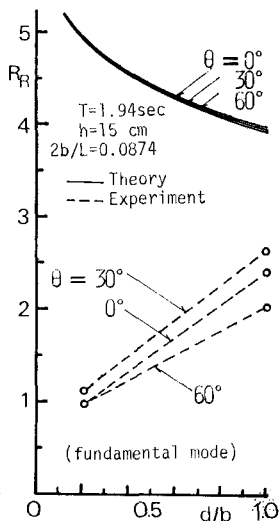


図-2 共振増幅率

5. おわりに 湾奥における共振増幅率は入射角度が大きくなると小さくなる。  
 しかし、入射角度による影響はそれほど顕著でなく、また、理論と実験値には相違  
 があり、とくに開口比  $b/d$  が小さいほど、その傾向は顕著であることがわかった。  
 以上のことより、湾水振動を論じる場合、入射角よりも、開口部のエネルギー損失  
 の詳細がより重要だと思われる。最後に、本研究に当たり、実験及び資料整理に御  
 協力頂いた山田平氏(東亜建設)に深謝の意を表する。

#### 参考文献

- 1) Ippen, A.T. and Y. Goda: Wave induced oscillations in harbors, Hydrodynamics. Lab, M.I.T., Rep.No. 59 July, 1963.
- 2) Chiang, C. Mei and Richardo. V. Petroni: Waves in a harbor with Protruding breakwaters, Proc, A.S.C.E., Mai, 1973.

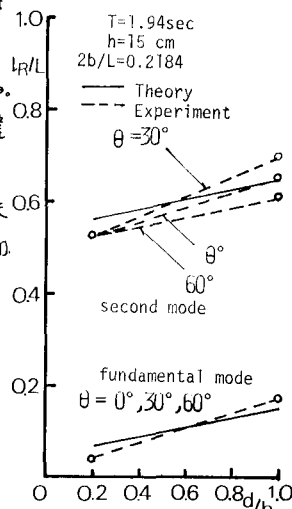


図-3 相対共振湾長