

1-4 2開口部を有する長方形港湾の湾水振動について

徳島大学工業短期大学部 正員 村上 仁士
 阿南工業高等専門学校 正員 島田富美男
 徳島大学工学部 正員 越智 裕

1. まえがき: 2開口部を有する港湾の湾水振動特性を、図-1に示すような外海が有限である1次元長方形港湾モデルについて考察した。なお、外海が有限の1次元長方形港湾では、理論的に開口部の数および位置による振動特性の差異が現われないので、外海が半無限の湾水振動理論を導き、この理論と外海が有限の場合の実験と比較して、2開口部を有する1次元長方形港湾の振動特性について検討した。

2. 理論解析: 仮定はJppen Godaの理論と同じであり、彼らと同様な解析手法を用いて、図-2に示すような港湾についての湾水振動の理論解を求めた。この理論によると、波高増幅率 R を入射波高の2倍の波高に対する湾奥の中心の波高と定義すれば、 R は次のように求まる。

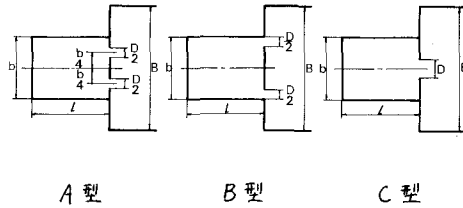


図-1 港湾模型

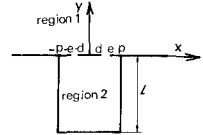


図-2 座標系

$$R = \frac{1 - S_2}{\sqrt{[\cos k l - (S_1 + \frac{P}{e-d} \psi'_1) \sin k l]^2 + (\frac{P}{e-d} \psi'_1 \sin k l)^2}} \quad (1)$$

ここで、 $S_1 = \frac{8P^2}{\pi^2(e-d)^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(\sin \frac{\pi p e}{2(e-d)} - \sin \frac{\pi p d}{2(e-d)}) \cos^2 \frac{\pi p l}{2}}{n^2 \beta_n \tanh \beta_n k l}$ (2) $S_2 = \frac{4P \sin k l}{\pi(e-d)} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(\sin \frac{\pi p e}{2(e-d)} e - \sin \frac{\pi p d}{2(e-d)} d) \cos^2 \frac{\pi p l}{2}}{n \beta_n \sinh \beta_n k l}$ (3)

$$\psi'_i = \frac{e}{e-d} \psi_i(k e) + \frac{d}{e-d} \psi_i(k d) - \frac{e+d}{e-d} \psi_i(k \frac{e+d}{2}) + \psi_i(k \frac{e-d}{2}) \quad i=1, 2 \quad (4)$$

ただし、 $\psi_1(x) = \frac{2}{\pi} \times \int_0^x \frac{\sin \alpha x}{\alpha^2 + x^2} d\alpha$, $\psi_2(x) = \frac{2}{\pi} \times \int_x^{\infty} \frac{\sin \alpha x}{\alpha^2 + x^2} d\alpha$ (5) $\beta_n = \sqrt{(\frac{n\pi}{2kl})^2 - 1}$ (6)

3. 振動特性: 図-3は、上述の理論式により、 R を求めた計算結果の一例を示している。この図から、共振時の波高増幅率 R が一番小さいのはA型で、開口比 D/b が大きくなれば、A、BおよびC型の波高増幅率 R は小さくなる。また、 R が最小となるのは、相対湾長 l/L が0.3から0.4の間で、A、BおよびC型の R を比較すれば、C型が一番小さく、AおよびB型はほぼ同じである。なお、理論値と外海が有限とした実験値とを比較した結果、外海条件が異なるもののほぼ定性的な傾向は一致することを確認している。

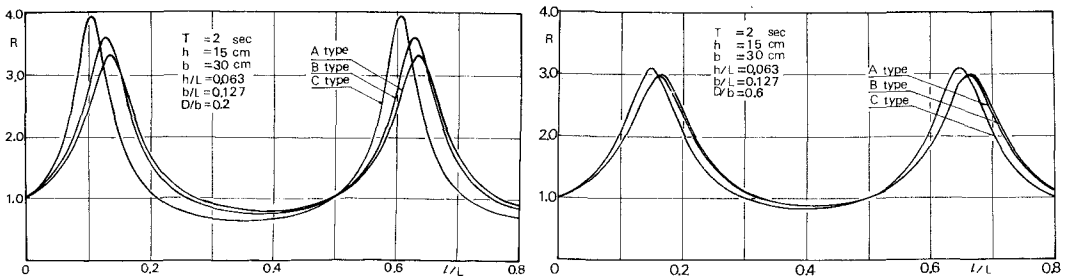


図-3 振動特性

4. 共振時の波高増幅率および共振湾長: 図-4は第2次共振時の波高増幅率 R_R を表わしたものであり, 実験値をみれば D/b が一定のとき, B型とC型の R_R は大差がなく, A型の R_R よりもいくぶん大きいことがわかる。また, D/b が大きいときは b/B が小さくなるにつれて, R_R は大きくなるが, D/b が小さいときは b/B が小さくなるにつれて, R_R は小さくなる。つまり, Greenの法則から b/B が小さくなれば, 波高は大きくならなければならないが, D/b が小さいときは b/B が小さくなるにつれて R_R が小さくなっているのて, b/B が小さいとき D/b を小さくすれば, 防波堤開口部での波のエネルギー損失が非常に大きいと思われる。理論値と実験値を比較すれば, b/B にかかわらずA型の場合の R_R が最小で, 開口部の位置がB型およびC型に近づけば, R_R が大きくなるという傾向が一致することからわかる。図-5は外海が有限とした共振時の波高増幅率 R_R の実験結果を, A, BおよびC型に分けて表わしたものであり, b/B が大きくなると, A, BおよびC型とも harbor paradox

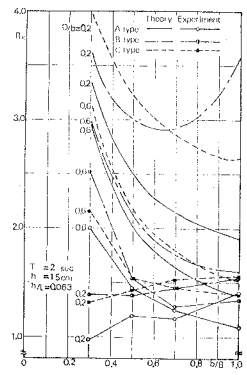


図-4 共振時の波高増幅率

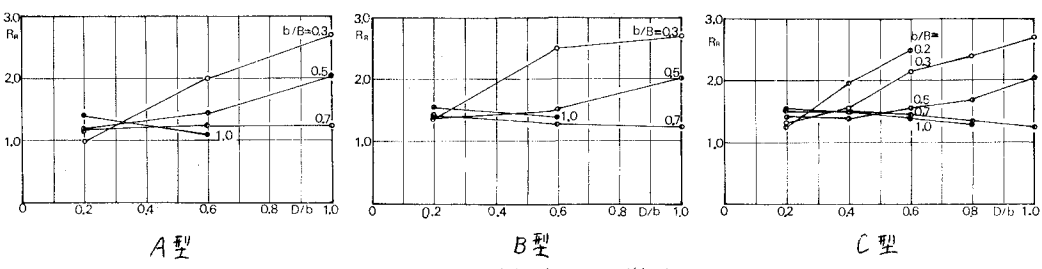


図-5 共振時の波高増幅率

が成立する。しかし, A, BおよびC型とも b/B にかかわらず, D/b を0.2程度にすれば R_R を1.25程度にすることができる。なお, ここでは図示していないが, 湾奥の波高が最小となる場合, A, BおよびC型とも R はほぼ等しく, 湾奥の波高は入射波高が重複波高程度になる。図-6はA, BおよびC型の場合の共振湾長 λ_R と波長 L の比, つまり相対共振湾長 λ_R/L を表わしたものであり, 図の(1)および(2)は理論値を, 図の(3)および(4)は実験値を表わしている。これらの図から, D/b が小さくなるにつれ, また b/B が大きくなるにつれて, λ_R/L は短くなる。

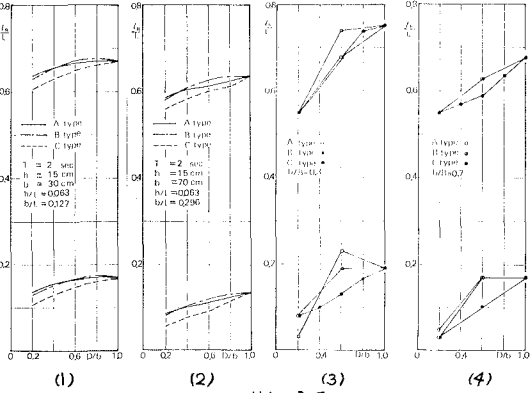


図-6 共振湾長

ている。また, A型とB型の λ_R/L はほぼ等しく, C型の λ_R/L が少し小さいことがわかる。理論値と実験値を比較すると, 定性的な傾向はよく似ているが, 理論値より実験値の λ_R/L が D/b によって変化しやすいことがわかる。

4. あとがき: 2開口部を有するA, BおよびC型の港湾について, 理論的および実験的に考察し, 波高を制御するにはA型が一番有利であることがわかった。また, この理論でA, BおよびC型の差異を表わすことができるので, 防波堤開口部で失われる波のエネルギー損失を適切に評価できれば, この理論によって波高の定量的評価もできると思われる。最後に, 実験および資料整理に御協力頂いた下田和美氏(旭技研)に謝意を表するとともに, 本研究は文部省科学研究費自然災害特別研究(代表者: 京大・岩垣雄一教授)による研究の一部であることを付記する。 参考文献 リ Ippen, A.T. and Y. Goda, "Wave induced oscillation in harbors" Rep. No. 59, Hydrodynamics Lab. M.I.T., July, 1963.