

徳島大学工学部

正員 越智 裕

徳島大学工学部

正員 三井 宏

徳島大学工業短期大学部

正員 村上 仁士

1. まえがき: 現地港湾の海底地形をみると, 水深は港湾内の随所で変化しており, 特に湾口部における水深変化は著しく, 湾水振動を解析する際に水深変化の影響を考慮する必要があるであろう。本研究では, 1次元長方形港湾モデルを対象として, 湾水の振動特性におよぼす湾口における水深変化の影響を実験的に検討し, さらに著者の提案した波のエネルギー逓散を導入した解析法を拡張し, 実験結果と比較検討する。

2. 実験結果および考察: 実験は, 図-1に示すような1次元長方形港湾を用い, 湾内水深 h_2 を常に15 cmとして外海水深 h_1 を15, 20, 26, 30.5 cmに変化させ, 入射波の周期は2 secとした。図-2(a)~(d)は, 相対港湾幅 b/B が0.2および0.5についてそれぞれ全開($c/b=0$)の場合と湾口部に防波堤を設置した($c/b=0.4$)場合の実験結果を示したもので, 水深比 h_2/h_1 をパラメータとし, 縦軸には波高増幅率 R (湾奥の波高と開口部を閉じたときの開口部外海側の重複波高との比)をとり, 横軸には湾

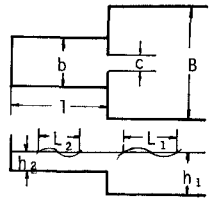


図-1 港湾モデル

長 l と湾内波長 L_2 との比 l/L_2 をとっている。なお, $h_2/h_1=1$ の実験結果は他の水深比の場合を求めたのと同装置を使用して得られたものであるが, 実験年度が異なる。図-2(a)は, 港湾幅が比較的小さくしかも全開の場合について示したもので, 他の場合に比べて湾内波高の増幅度および湾口における水深変化の影響が比較的に顕著に現われている。共振点に注目すると, 湾内外で水深の異なる港湾の共振波高増幅率は湾内外で水深の等しい場合に比べて若干大きな値を示しており, 水深比の最も小さい $h_2/h_1=0.49$ の場合に R は最大となっている。また, 湾口水深が急減するほど R は漸増傾向にあることがわかるが, その変動幅も小さく, 共振点近傍を除くと水深変化の影響は小さいようである。一方, Le Méhauté は水槽幅が一樣で水深のみが急変するモデルで実験を行っており, 実験結果には多くの疑問がもたれるものの, やはり水深変化が急激になると R は増加している。また, 共振を生じる相対湾長 lR/L_2 は, この図をみる限りあまり変化しておらず, lR/L_2 におよぼす水深変化の影響は小さいと思われる。図-2(b)~(d)についても定性的に同様の様相を示しているが, R の値はほとんどの場合2.0以下であり, 増幅率も全体的に小さいので, 湾口水深の急変効果は(a)図ほど明瞭に現われている。

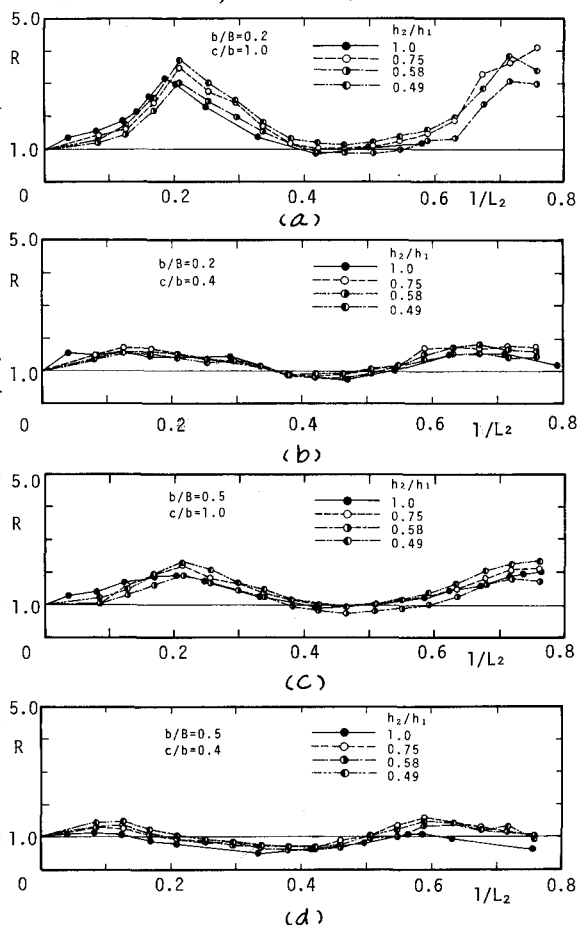


図-2 湾水の振動特性

3. 理論解: 著者らは湾内外で水深が等しい長

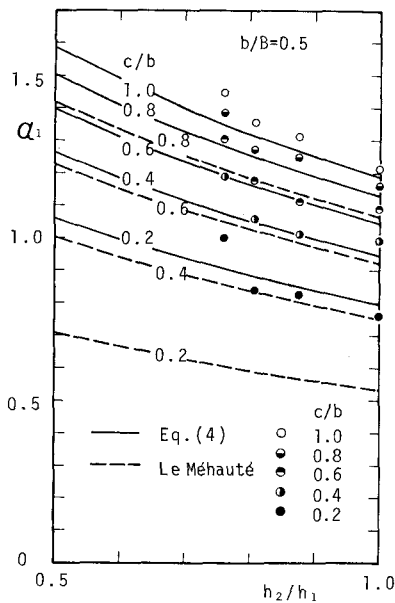


図-3 α_1 の特性

方形港湾を対象として波のエネルギー逸散を考慮した湾水振動の解析法を提案したが、ここにはこの解析法に湾口水深変化の項を導入して拡張する。まず、湾型における波高増幅率 R は次式で与えられる。

$$R = \frac{r(1+p)\alpha_1}{2\sqrt{1-(\beta_2 r^2 p)^2 - 2\beta_2 r^2 p \cos(\beta_2 + 2\pi)}} \quad (1)$$

式中の記号は文献(2)と同様で、水深変化を考慮した β_2 および β_2 は波のエネルギー保存則と流量連続則から導かれ、急縮断面における透過率 α_1 と急拡断面における透過率 α_2 との関係式 $\alpha_2 = A\alpha_1$ を代入することによって α_1 の関数として求められる。 $\beta_2 = \sqrt{1 - A\alpha_1^2 - E_2}$ (2)
 $\beta_2 = \cos\{2 - (A + \alpha)A\alpha_1^2 - E_2\} / 2\sqrt{1 - A\alpha_1^2 - E_2}$ (3)。

ただし、エネルギー逸散率 E_2 は入射波の全エネルギーに対する防波堤開口部へ逸散するエネルギーの比を定義され、 $\alpha = bL_2/bL_1$, $A = n_2/n_1$, $n = 1 + 2kh \sinh 2kh$ である。つぎに、未知量 α_1 は水路幅が一定で単に湾口水深のみが変化する場合は透過率 $2/(1 + n_2L_2/n_1L_1)$ と湾内外ともに水深が一樣で港湾幅および開口幅が変化する場合は透過率 $(B/b)^{1/4}(c/b)^{1/4}$ の積となり、 $\alpha_1 = 2(B/b)^{1/4}(c/b)^{1/4} / (1 + n_2L_2/n_1L_1)$ (4) で表わされる。これに対し、Le Méhauté は $\alpha_1 = 2(B/b)^{1/4}(c/b)^{1/4} / (1 + n_2L_2/n_1L_1)$ (4) を提案している。

図-3は式(4)と実験結果を比較したもので両者はほぼ適合しており、水深比(h_2/h_1)が小さくなるにつれて α_1 が増加する傾向にあることがわかる。Le Méhauté の式は定性的には合っているものの実験値よりも小さい値を示している。したがって、 E_2 が求まると式(2)、(3)、(4)を式(1)へ代入すれば、波高増幅率 R が与えられる。 E_2 は透過率および反射率の実験値から求められるが、両者の誤差が入り、精度上若干の問題があるの、ここには任意に仮定した E_2 を用いて解析した。図-4は計算結果の一例で、理論値と実験値はよく一致しており、 E_2 を適切に決定することによって湾水の共振特性を予測しうることがわかる。なお、式(4)は b/B が小さい場合に α_1 を過大に見積り、式(2)、(3)から決まる解の適用範囲を逸脱することがあるので、さらに検討の余地が残されている。

4. おまけ: 本研究では、実験範囲が限られており、湾口水深の急変効果を検討するには必ずしも十分ではなかったが、港湾幅が狭くしかも湾口防波堤のない

全開の場合には、外海と港湾内との水深差が大きくなるほど湾内波高の増幅率は大きくなることわかった。しかし、港湾幅が広い場合あるいは防波堤を設置した場合には水深変化の影響はあまりないと思われる。また、理論解については、今後防波堤開口部における波のエネルギー逸散と適確に把握する必要がある。最後に、実験および資料整理に御協力頂いた当時学生の古川弘和君(建設技研)、三浦公和君(前田道路)に厚く感謝する。

〈参考文献〉 1) Le Méhauté, B: Two-dimensional seiche in a basin subjected to incident waves, Coastal Engineering, vol. 10, pp. 119~150. 2) 村上・越智: 防波堤による波のエネルギー逸散および湾水振動の制御について, 第22回海論, pp. 271~277, 1975. 3) Le Méhauté, B: Periodical gravity wave on a discontinuity, Proc. ASCE, HY 9, pp. 11~41, Nov., 1960.

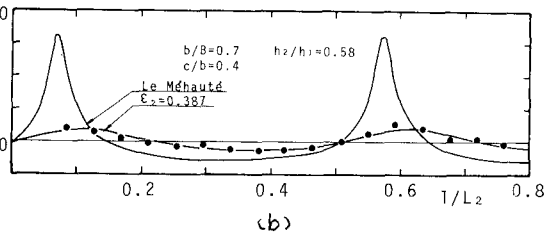
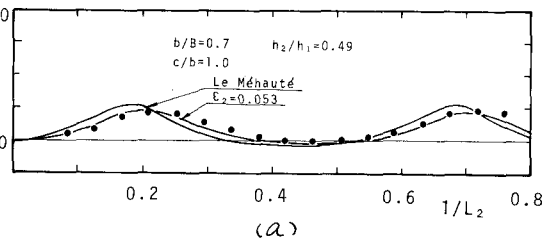


図-4 理論解との比較