

完全重複波の腹と節における平均水位の変化

徳島大学工学部 正員 三井 宏
浅 川 組 正員 〇鈴木 守

1. まえがき

昭和55年度に短周期の短波が運河やスリ、ブなどに入射した場合、それらの固有振動周期と等しい長周期の水位振動が起るかどうかを明らかにするために、長方形湾モデルを用いて実験を行ったところ湾奥で水位が上昇することを見出した。¹⁾ 前報はこの水位上昇に対して質量輸送速度、時間平均波圧、Wave thrust との関係と比較検討しているが、この現象を説明するには至っていない。このような計画潮位の上昇は非常に重大なことであるので、本研究では昭和55年度の研究よりもより大きい模型を用い、詳細な実験を行って波の入射により長方形湾奥の水位が上昇するかどうかを確かめる。

2. 実験装置および実験方法

実験は長さ30m、幅1m、高さ1mの片面がガラス張りの鋼製長方形水路で行った。水路の終端には完全重複波に近い波を発生させるために合板製鉛直壁を設置した。測定項目は入射波高、重複波高、重複波の腹、節の位置における水位上昇量である。水位上昇量の測定にはローパスフィルタをかけ周期5秒以下の波を遮断した。なお、水深は20cm、30cm、40cmの3種類、周期は10秒、13秒、16秒の3種類であり、波高は水深、周期の組合せ9種類のおおのにつき、波形勾配が0.01、0.03、0.05に近い値とする。したがって、合計27種類の波について実験を行った。ただし、碎波する波については、計画より小さい波高の波で測定した。

3. 理論

浅水における有限振幅重複波の第3次近似的による表面波形と一周期で時間平均すると平均水位 $\bar{\eta}$ は

$$\bar{\eta} = \frac{KH^2}{16} \cosh 2Kx \cos 2Kx \quad (1)$$

で表わされる。式(1)は平均水位が図-1のように波の腹の位置($x=0$)では上昇し、節の位置($x=L/4$)では低下することを示している。Longuet-HigginsとStewart³⁾は radiation stress の概念を用いて重複波の平均水位の変化を計算しているが、この結果は上式と全く一致している。

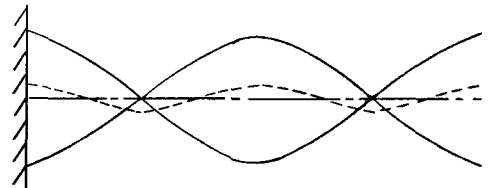


図-1 重複波形と平均水位との関係

4. 実験結果および考察

図-2は縦軸に本実験における腹の位置の水位上昇量 δ と横軸に理論値 $\bar{\eta}$ を取って δ と $\bar{\eta}$ との関係を示したものである。図中実線は、 $\delta = \bar{\eta}$ とした時の直線であり、破線は実験値より量小2乗法によって求めた直線であり

$$\delta = 1.02\bar{\eta} + 1.71 \quad (\text{mm}) \quad (2)$$

となる。図-3は図-2と同様な取り方としており、本実験における節の位置での実験値と理論値の関係を表わしている。実験式は

$$\delta = -0.83\bar{\eta} + 0.70 \quad (\text{mm}) \quad (3)$$

となる。図-4は昭和55年度の実験値と湾奥の重複波高を

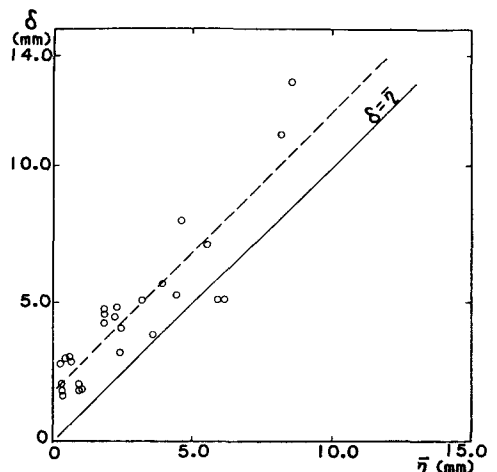


図-2 腹の位置における δ と $\bar{\eta}$ との関係

入射波の2倍として計算した理論値 π との関係を示しており、パラメーターとして相対湾長 L/L を取っている。
実験式は

$$\delta = 1.22\pi + 1.87 \quad (\text{mm}) \quad (4)$$

となる。図-2、図-3、図-4とし、理論式と実験式との間に、ほぼ一定のひらきがあるがこれは、重複波の非線形の強さ¹⁾と考えるよりも、容量式波高形の水切れの悪さ²⁾ということで、うまく説明することができる。これは、波高形の回りの水位が低下する際、波高形のエナメル線に水が残存してしまう現象であり、常に鉛直方向上向きに測定誤差として現われる。図-3(節の位置)は図-2(腹の位置)に比べて、実験式の傾き、加定数とも小さくなっている。これは鉛直壁から $1/4$ 波長離れた節の位置では、微小振幅波理論では水面の上下はないが、有限振幅波理論では、波高 H_{min} が発生する。節の位置の波形記録を見ると確かにこの現象が認められる。したがって、波高が小さく、波が微小振幅波に近い時は節の位置での波高はほとんど0であるので、水切れの悪さによる測定誤差は小さく、波高が大きくなるにしたがって H_{min} が大きくなって、水切れの悪さによる誤差が大きくなると考えると前述の傾向がよく説明できる。本実験の実験直線は、腹の位置では $\delta=\pi$ の直線と平行となり節の位置でもほぼ平行となっている。また、腰および節において、それぞれ、 $1/1\text{mm}$ 0.70mm δ は π より大きい³⁾が、前述のように水切れの悪さによる測定誤差と考えられるので、重複波における平均水位は理論値にほぼ一致すると結論されよう。また、昭和55年度の実験式(4)は本年度の実験式(2)と比較的よく一致している⁴⁾ので、昭和55年度に長方形湾奥で測定された水位上昇量は単なる重複波の腹における水位上昇であつたと考えられる。

4 あとがき

本研究では、長方形湾奥の水位が上昇するかについて詳細な実験を行い、その実験値と前報の実験値について、有限振幅波理論によって詳しく検討した、その結果、水位は重複波の腹の位置では上昇し、節の位置では低下し、ほぼ有限振幅波理論および radiation stress より求めた重複波の平均水位と一致することか判明した。このことより前報¹⁾で見出された長方形湾奥での水位上昇は、完全重複波の腹と節による局所的な水位の変化によるものであって、波の入射により湾奥の水面全体が上昇した²⁾ものではないと考えられる。なお、現在設計に用いられている重複波領域における波圧、越波量、打ち上げ高はこの水位上昇量はすでに含まれているので、今後新たに計画潮流に取入れられる必要はないと思われる。

最後に本研究は自然災害特別研究(研究代表者 土屋義人京都大学防災研究所教授)の一部であることを付記し謝意を表す。〈参考文献〉 1) 三井・中島: 波浪による長方形湾内の潮位上昇, 中四年講集, PP. 158-159. 昭. 55.

2) 水理公式集, 昭和46年改訂版; 土木学会, PP. 81~82.

3) Longuet-Higgins, M.S. and Stewart, R.W.: Radiation stress in water waves; physical discussion with application, Deep-Sea Research, 1964. Vol. 11. PP. 536~539, 1964.

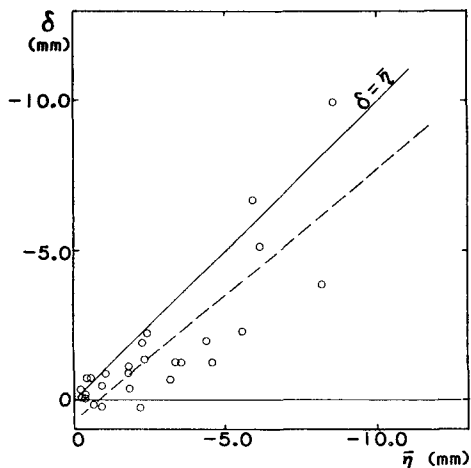


図-3. 節の位置における δ と π との関係

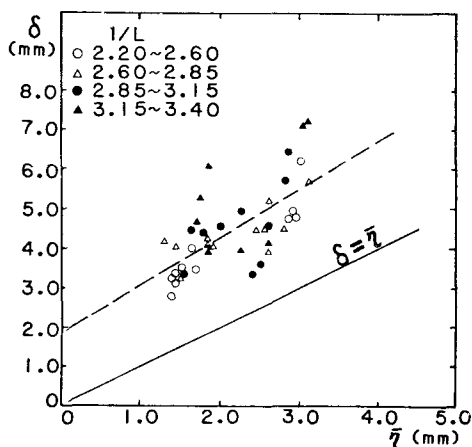


図-4. 昭和55年度の実験値と π との関係