

湾口部における波のエネルギー損失に関する考察

徳島大学工業短期大学部 正員 村上 仁士
 鹿島建設 正員 野口 英二
 徳島大学大学院 〇学生員 鈴木 一光
 三井不動産建設 正員 網内 博之

1. まえがき: 著者らは、半無限の外海に接続した一様水深の長方形港湾に対して、波のエネルギー損失を考慮した理論を新しく提案し、この理論によれば、入射波高、港湾内外の水位差を湾水の共振特性に及ぼす影響も考慮することができるとを示した¹⁾。しかし、理論に含まれる未知量である波のエネルギー損失係数の評価が十分なされていなかった点に問題が残されていた。ここでは、エネルギー損失係数の特性を明らかにし、理論解に基づき共振特性に対する若干の考察を行う。

2. 波のエネルギー損失係数: 図-1に示すような港湾モデルの防波堤による波のエネルギー損失を表示するには、開口部の流速を V 、港湾内外の水位差を $\Delta\eta$ 、流速係数(縮流係数) C として、 $V=C\sqrt{2g\Delta\eta}$ (1) と表現し、 C の値を論じて波のエネルギー損失を導入する方法が多く、実際種々の数値解析にはこのような方法が使われている。この場合、普通 $C=0.7\sim 0.8$ 程度にとれば、潮汐などの波形とよく再現するといわれている。一方、伊藤らは、式(1)のかわりに開口部の損失水頭を $\Delta\eta$ で表

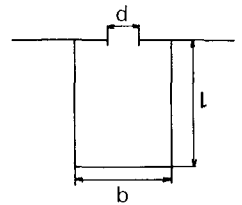


図-1 港湾モデル

わし、 $\Delta\eta=fV^2/2g$ (2) として、 f の種々の値について数値計算を行い、計算波形と実際の縮流湾の定則波形を比較して、 $f=1.5$ が妥当な値であるとしている。さて、著者の理論では、開口部で港湾内外に水位差が生じるとしており、従来開口部で内外の平均水位が等しいと仮定する方法と大きく異なる。また、この水位差は、式(2)と同様の形式で表現される。なお、式(2)と式(1)とは $f=1/C^2$ (3) の関係にあるが、 f は非定常であり、周期的に変動する。

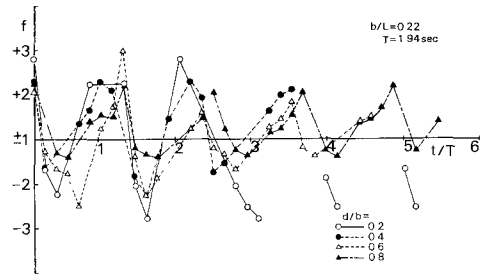


図-2 f の時間特性

3. エネルギー損失係数の特性: (1) 実験方法 — 周期

$T=1.94\text{ sec}$ 、水深 $h=15\text{ cm}$ は全実験を通して一定で、港湾幅 b を 20 cm および 50 cm の2種類、開口幅 d と5種類変えている。湾水の共振時に、開口部にアルミ粉を散布し、開口部で生ずる縮流と35mm連動カメラ(3.5%sec)で撮影して、縮流幅/開口幅の比を求め、それを縮流係数 C として式(3)から f を求めた。なお、共振時についての f を調べたのは、共振点近傍以外では、エネルギー損失の波高増幅率に及ぼす影響はほとんどないからである。

(2) f の特性 図-2は、実験から得た f の時間特性の一例を示したものである。パラメータに開口比 d/b とっており、詳細の f は波が港内に侵入時と、港外へ放出時とで示している。そして縮流が生じないときが ± 1 としている。この図は港内側に縮流が最大となった時刻と $t/T=0$ としているが、 d/b によって港湾内外の水位差 $\Delta\eta$ の位相が異なっているかもしれない点に注意を要する。図-3は、図-2で示したような f の時間変動曲線から極大値をとり出したもので、図の(1)は港湾幅が比較的小さい場合、図の(2)は港湾幅が比較的大きい場合で

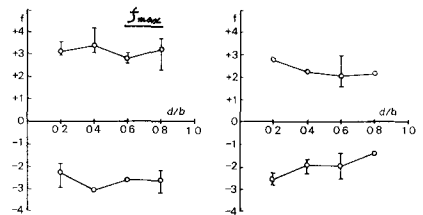


図-3 $f_{\max}$ と d/b との関係

ある。港湾幅が比較的小さい場合は、開口部でかなり鮮明な縮流が

観察でき、 d/b にかかわらず f_{max} は3程度となる。一方、港湾幅が小さくなると、共振時であっても港内の波高はたいして大きくならないために、閉口部の縮流もやや鮮明でなくなるが、 d/b が大きくなるにつれて、 f_{max} は減少する傾向がみられ、 f_{max} の最大でも3程度となる。また、港湾幅にかかわらず港外への放出時が侵入時に比べていくぶん小さいようである。ところで、 f は図-2のように周期性を示し、港湾内外の水位の位相によって f の値が変化することになるが、本論文はそれらの位相関係は明らかにできない。したがって、図-2に示した f の時間変動曲線について、半周期にわたり積分しその平均値をとって、式(2)にあげるための位相ともその値で代表させることができるかどうかについて検討する。図-4は、上述のようにして求めた f の平均値を示しており、 d/b が大きくなれば若干 f_{mean} の値は小さくなるが、 f_{mean} の値は1~2程度であることがわかる。

4. 理論解の検討: (1) 共振時の波高増幅率 R_R — 図-5は共振時の波高増幅率 R_R (湾奥の波高を入射波高の2倍と割った値)の特性を示した1例である。●印は実験値であるが、 f と注意に与えて実験値と比較すると、 f は1~2程度であることがわかる。同図には、波のエネルギー損失を考慮しない従来の理論($f=0$ の場合)も併記しているが、共振時の増幅率を得るには波のエネルギー損失の評価が必要であることがわかるであろう。

(2) R_R に及ぼす入射波高の影響 — 図-6は、波高こう配 H/L の変化に伴う R_R の変化の様子を示したもので、入射波高が大きくなるにつれて、 R_R は減少し、 f を1~2程度とすれば理論解が妥当であることがわかる。

(3) R_R に及ぼす港内水深の影響 — 図-7は、 R_R と h/L との関係で、港内水深が大きくなると R_R も増大する傾向がうかがえる。なお、ここには示していないが、港湾諸元を固定して、水深を変化させて実験から、 f を1~2とすれば、実験値とよく一致することを確認している。

5. あとがき: 以上のことから、波のエネルギー損失係数 f と縮流から求めた結果と、 f と注意に与えて共振特性を求めた実験結果と一致するように定めた f の値は、 $f=1\sim 2$ 程度となった。したがって、理論で仮定した式(2)を用いる場合、 f は非定常であらう、とも時間的平均値として1~2の値とすれば、理論解が実験値をよく表現できることになる。また、 f は d/b によっても変化するとともに、波の港内への侵入時および港外への放出時についても多少変化するものの、工学的には、 f は1~2としてもよいであろう。ここでは述べなかったが、 $f=2$ の場合、 R_R と若干小さく見損ることもあり、伊藤らが示したように $f=1.5$ とすれば、工学上安全側になり問題が生じないように思われる。

f に関する実験の精度自体にすしも良好であるとは言えないし、厳密には、流速係数と縮流係数の差異もあるかもしれない。しかし、非定常の波動に關して f を評価できた点は意義深いように思われる。

最後に本研究は、文部省科学研究費試験研究(代表者、京都大学岩垣雄一教授)による研究の一部であることを付記する。

参考文献 1) 村上、野口: 湾水振動における防波堤閉口部の波のエネルギー損失について、第23回海講演文集、1976。 2) 伊藤、本原: 長周期波に対する防波堤の効果に関する計算(第6報) - 港口損失係数の影響 - 港湾技術研究所報告、第9巻、第2号、1970。

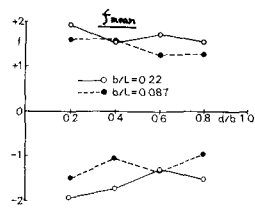


図-4 f_{mean} と d/b との関係

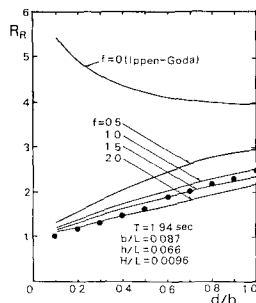


図-5 R_R と d/b との関係

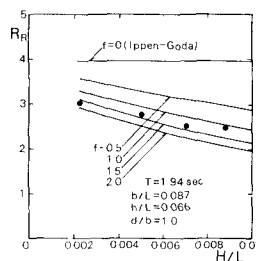


図-6 R_R と H/L との関係

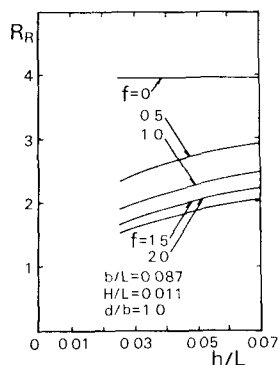


図-7 R_R と h/L との関係