【討 議】

村上仁士 著 “波のエネルギー逸散を考慮した湾水振動の一解法”
への討議

(土木学会論文報告集第 247 号・1976 年 3 月掲載)

▶ 討議者 (Discussion)

坂井藤一・月岡康一 (川崎重工業(株))

By Fujikazu Sakai and Koichi Tsukioka

著者は有限幅水路に接続する長方形港湾の振動を取扱う方法について述べておられる。本論は Le Méhauté の方法に基づくが、重要な因子である減衰特性を実験的に検討されているので、今後の参考になる所大であると思われる。

討議者らは、たまたま有限要素法を用いた湾水振動解析法を研究してきたので、その立場から若干の討議および質問をする次第である。

1. 著者は理論手法として既往研究を 4 種類に大別しているが、近年ではそれ以外に差分法³⁰⁾や有限要素法^{31), 32)}などの数値解析法が開発されている。現在の所、これらもまた万能でないことは言うまでもないが、従来の方法にない特徴も有しているの、今後の発展が期待される手法と考えられよう。

2. 著者は上記のような港湾に対し、Le Méhauté の結果から、一次元波動の成立条件として $b \leq B < L/2$ を挙げておられる。この限界は、導波管問題として知られている横方向モードが cut off される条件³³⁾ $kB < \pi$ (k : 角波数) から出ているように思われる。討議者らは、文献 32) において二次元解析との比較から一次元解析は湾口近傍を除いて巨視的には成立することを確認してい

る。また、著者が得られたような共振時の波長と湾長との関係 (図-10) は、討議者らの一次元および二次元の解析結果の比較から見ると、符号する場合と相反する場合があるように思われる。その意味で著者の結果の普遍性をより確実にするためには、湾口周辺の二次元的挙動を正確に把握したうえでの検討が望まれるのではないかと思われる。

3. 本論文の範囲を越えた質問であるが、本論のような考え方を一般的な港湾の振動解析にどのように拡張していったらよいのであろうか。特に、数値解析法などとの関連でお答えいただければ幸いである。

参 考 文 献

- 30) 運輸省港湾局調査設計室：長周期波に対する防波堤の効果に関する計算，昭和 37 年 3 月。
- 31) Zienkiewicz, O.C. and Bettess, P.: Infinite Elements in the Study of Fluid-Structure Interaction Problems, 2nd Int. Symp. on Computing Methods in Applied Science and Engineering, Versailles, Dec., 1975.
- 32) 坂井藤一・月岡康一：波動解析への有限要素法の適用 (第 2 報) 一湾水振動の解析一，第 21 回海岸工学講演会論文集，1974。
- 33) 坂井藤一・河合三四郎：開水路における波動の有限要素法解析，土木学会論文報告集，第 239 号，1975 年 7 月。

▶ 回答者 (Closure)

村 上 仁 士 (徳 島 大 学)

By Hitoshi Murakami

著者の論文に有益なご討議をお寄せいただいたことについて感謝致します。

本論における著者の立場は、数多くの湾水振動に関する理論的研究がなされているものの、共振特性とくに波高増幅率については、理論解と実験値との間に定量的な一致をみないのが現状のようで、単純な港湾モデルを用いて、まず実験結果を十分説明しうる理論によって湾水振動の基礎的な特性を調べようとするものである。したがって、本論の結果をただちに実際の複雑な形状をもつ港湾に適用するには必ずしも十分でないことはいうまで

もない。しかしながら、モデルが単純とはいえ、これから得られた結果は複雑な港湾の数値モデルおよび水理モデルの簡略化に役立つものと考えられる。すなわち、共振特性を規定する種々の要素のうち、どの要素が重要であるかを示唆することができるとともに、共振特性に影響を及ぼさない要素をも明確にすることができ、そのことによって複雑な港湾モデルを、より単純化することができであろう。

以下、回答致します。

1. 近年、湾水振動に関する数値解析が頻繁に行われ

るようになり、著者の分類 4) その他、で示したように、水深変化がある場合や任意形状の水域での数値解を差分法で求める文献 18) や 19) などとも開発され、さらには有限要素法による解法も今後ますます発展が期待されよう。

2. $B < L/2$ のような場合には、横振動モードが生じないが、防波堤開口部で水面は複雑な様相を呈し、湾外に攪乱波が生ずる。このような攪乱波の影響を調べるため、予備実験を行って外海側の波高分布を求めたが、本論のようなモデルの場合、開口部から $L/4$ 程度も離れると波高は変化することなく一様となり、波の運動は 1 次元的であると考えてさしつかえないことを確認している。なお、本論では攪乱波そのものは考慮していないが、式 (14) および式 (16) のように、波のエネルギー保存則をもとに開口部で生ずる渦や乱れによる波のエネルギー損失を考慮することで、開口部近傍の 2 次元的な運動も結果的には考慮していることになっている。

ついで、1 次元的な解析でどの程度攪乱波を考慮した 2 次元解析の結果を近似しうるかという問題について、討議者の研究成果³²⁾を述べておられるが、共振特性を論ずる上で重要な波のエネルギー損失を全く考慮されておらず、その点で著者はそれから得られた結果に若干の疑問を感じる。なぜなら、波のエネルギー損失の有無によって共振を生ずる位置（湾長・波長比などで示される）も変化するからである。本論では、周期を一定として湾長を変化させるいわゆる港湾の形状応答を考えており、周期応答を考える場合に周期がある程度短くなると波の運動が 2 次元的になり、本論のような解析方法にも限界

がある。なお、図一10 の特性は、攪乱波を考慮した 2 次元解析でも形状応答を考えると全く同様のことがいえることを付記する³⁴⁾。

3. 本論の主旨から言って、ただちに一般的な港湾に適用するには問題があるが、たとえば、細長い湾の湾奥部に港湾があるような場合、その港湾の振動特性は、湾全体の振動と、湾内を一種の外海とする本論のような 1 次元的運動から生ずる振動との合成されたものとしてとらえることができる。この場合、後者の振動は本論で述べた方法でも実際にそのまま適用しうるのであろう。一方、外海と直接連なった湾の振動特性を明らかにするには、本論を拡張しても限界があり、別の方法をとらざるを得ないと思われる。そういったことから、著者は波の運動が 2 次元的であり、かつ防波堤開口部における波のエネルギー損失を考慮した解法を検討している³⁴⁾。ただ、この場合もエネルギー損失を与える定数を任意に定める必要があり、現在エネルギー損失係数を評価するための実験的な検討を行っている。結局、種々の数値解析においては、上述したような波のエネルギー損失係数、そのほかの未定要素の共振特性に与える影響をまず明らかにしない限り、一般的な港湾に対する振動解析から得られる結果も、その妥当性についての保障が得られないように著者は考えている。

参 考 文 献

- 34) 村上仁士・野口英二：湾水振動における防波堤開口部の波のエネルギー損失について，第 23 回海岸工学講演会論文集，pp. 416～421, 1976。