

有限要素法による長崎湾の湾水振動解析

長崎大学工学部 正員 富樫 宏由
長崎大学大学院 学生員 ○新田 喜浩

1. はじめに

長崎湾では、外海から侵入する長周期波により湾水が振動し、周期、数十分の卓越した振動現象、所以「アビモ」現象が起ることが知られており、時には船舶・港湾施設等に被害を及ぼすことがある。アビモに関しては、従来差分法・境界要素法による数値解析が行われているが、対象とする解析領域に忠実に、任意の形状の要素で細分割でき、そのため局所的な流速を知ることができるという点をいかして、本研究では有限要素法による数値解析を行った。ここでは、将来の法線計画をも見据え、湾奥の大波止～旭町突堤から浦上川河口までを含んだ場合を考えて検討を行った。

2. 基礎式および数値計算モデル

静水面内に、平面2次元 x, y 軸をとる。水面と水底の条件を満たす有限振幅長波の式は、然和規的を適用して

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_i \frac{\partial u_i}{\partial x_i} + g \frac{\partial \zeta}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} \{ (h + \zeta) \cdot u_i \} = 0 \quad (2)$$

のようになる。ここに u_i は平均流速、 ζ は潮位、 g は重力加速度、 h は水深である。初期条件は静水状態、境界条件は汀線の法線方向の流速を零とした。(1)、(2)式を基礎式として、川原の方法に従って有限要素法を適用して定式化を行った。

数値計算に用いたモデルおよび長崎湾のメッシュ分割図を図-1～4に示す。図-1は内湾のみを長方形で近似した最も簡単なモデルで、まず出口を開け下へ様水深で進行波によって選択係数を決定した後、勾配を変えてジョーリングによる本計算法の妥当性を検証したもので周期5分の場合である(図-5)。実際は有限振幅長波の曲線で $\eta/\zeta_0 = 0.01$ の場合であり、シンボルマークが計算結果である。 $\eta/\zeta_0 = 0.2$ までは、理論どおりで本計算の妥当性を実証していると思われる。次に出口を開けて重複させ、水深を長崎湾の水利水深にとり、アビモの基本モードの周期、35分で計算させた結果の空間波形を図-6に示す。湾口(入点)でほぼ節となる第1次モードが現れているのがわかる。

次に外湾を接続した場合の湾水の挙動を知るため、モデル2(図-2)を用いて計算を行った。モデル2では断面急変部の流速を詳しく知るために、その前後500mにわたり分割を細かくした。水深を水利水深として、周期を30分、35分、40分と変えて計算した場合には、湾口補正重を考慮すれば、35分の場合が最も適当な結果であり、図-7にその空間波形を示す。

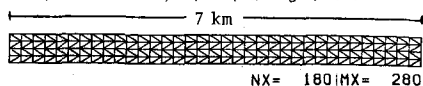


図-1 モデル1

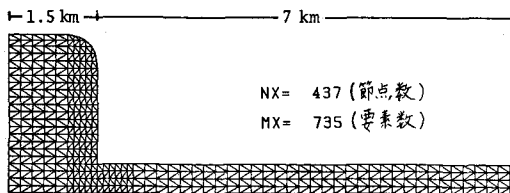


図-2 モデル2

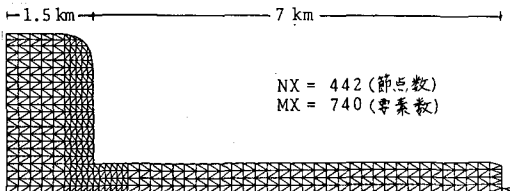


図-3 モデル3

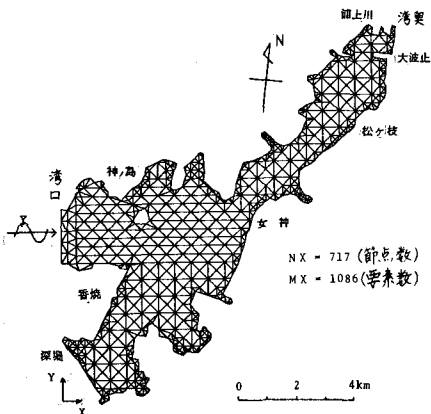


図-4 長崎湾のメッシュ図

モデル2を基に、浦上川の河口付近を含む場合として考えたのがモデル3(図-3)である。河口部は一定水深で、波が通過する様に、有限振幅の流速式、 $U=2(C-C_0)$ を出口の2節点に適用した。周期が分で計算した結果の空間波形とベクトル図を図-8, 9に示す。モデル2の場合に比べて振幅は、モデル3の方が全体的に小さい値となった。又、波高は湾奥まで滑らかに増幅しているが、河口部では急減している。これは図-9に示す様に、境界で与えた条件式による流速が大きいためと思われる。湾口と湾奥の波高の比で表わした増幅率は、モデル2、3はそれぞれ15倍と17倍であった。

次に1/10000の地形図よりトレスした長崎湾のメッシュを用いて計算を行った。冒頭に述べた様に、原地形にできるだけ忠実に分割を行った。長崎湾の場合、湾口(香焼-神島)~湾奥間(基本モード)および深堀~湾奥間(2次モード)の2つの振動系がある。図-10に周期35分で計算させた基本モードの空間波形を示す。又、図-11は流速ベクトル図で、これにより長崎湾全体の流況を把握できる。

3. 結論

今回の計算では、香焼-神島(湾口)を岸とし、浦上川河口(湾奥)を腹とする基本振動モードについては、波高増幅率がまだ少し小さく、例えば松ヶ枝地点の波高を昭和54年3月の観測史上最大のアビキの潮位記録と比べると、計算結果の方が若干小さくなる。しかし、有限要素法による解析の有用性は認められたように思えるので、今後更にデータを蓄積し(例えば、図-5のデータ)、更に検討を進めてゆく。

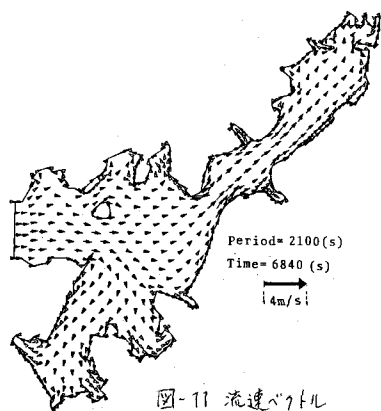


図-11 流速ベクトル

文献)

- 1) 吉田・川原: 有限要素法, 技報堂出版, 1980
- 2) K. Kajiwara: Local Behaviour of Tsunamis, Waves on Water of Variable Depth(IUTAM), Springer-Verlag, pp. 72~79, July, 1976

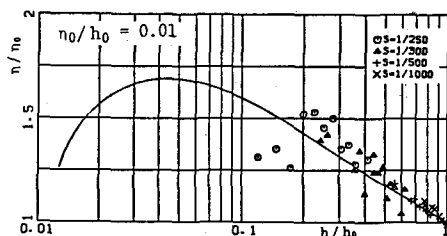


図-5 シアリング効果

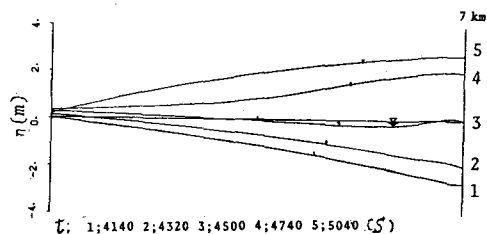


図-6 空間波形(モデル1)

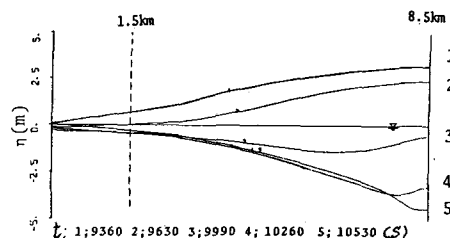


図-7 空間波形(モデル2)

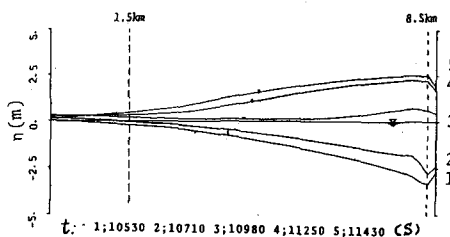


図-8 空間波形(モデル3)

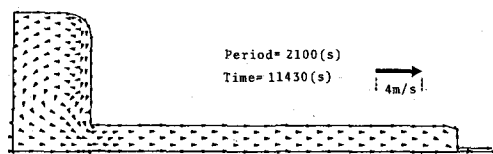


図-9 流速ベクトル(モデル3)

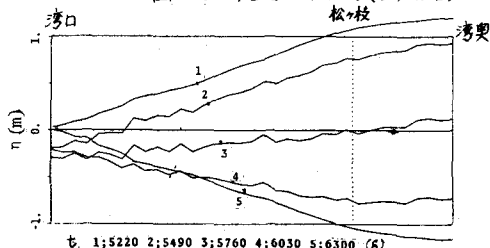


図-10 空間波形(長崎湾)