

東北工業大学 正員 〇高橋敏彦

東北工業大学 正員 沼田 淳

1 まえがき

塩釜港仙台区における潮位観測記録より、仙台港の副振動の現状を把握し報告を行なってきたが、今回は仙台港完成時における、固有周期および波高分布の概略値を数値計算によって予測し、あわせて観測結果と比較、検討を行なったものである。

2 計算方法

平面的な形状の水域における海水の振動特性を、純解析的に求めることは極めて困難である。ここでは、水域内各点の波高を未知数とする連立一次方程式を導き、これを解くという方法を採用した。

波高分布関数 $f(x, y)$ に関する偏微分方程式

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} + k^2 f = 0, \quad k = \frac{2\pi}{L} = \frac{w}{\sqrt{gh}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 k :波数、 h :水深、 L :波長、 w :振動数 $2\pi/T$ 、 T :周期、で与えられる。

(1) 式を差分化することにより (2) 式が得られる。 $(a_i + b_i + c_j + d_j - \frac{w^2}{g}) \cdot f_{i,j} - a_i \cdot f_{i+1,j} - b_i \cdot f_{i-1,j} - c_j \cdot f_{i,j+1} - d_j \cdot f_{i,j-1} = 0$ $\dots\dots\dots (2)$

ここに、 $a_i = 2h_{i,j} / \{ \Delta x_i \cdot (\Delta x_i + \Delta x_{i-1}) \}$ 、 $b_i = 2h_{i,j} / \{ \Delta x_{i-1} \cdot (\Delta x_i + \Delta x_{i-1}) \}$ 、 $c_j = 2h_{i,j} / \{ \Delta y_j \cdot (\Delta y_j + \Delta y_{j-1}) \}$ 、 $d_j = 2h_{i,j} / \{ \Delta y_{j-1} \cdot (\Delta y_j + \Delta y_{j-1}) \}$ 、この数値解を得るために、行列の理論を応用する。

初めに、壁面をはさんで隣り合う2つの格子点が、壁面に対して対称の位置に来るように設置しなければならない。そこで仙台新港の形状を、長方形港湾

にモデル化した。(図-1、破線の部分) 仙台新港の東西にあたる方向にY軸、南北にあたる方向にX軸をとった。また、港内に83点の格子点を設置することにより、83次の行列を得ることができるわけである。この行列の固有値、固有ベクトルを求めることにより、固有周期、固有振動のモードを知ることができる。83次の行列は、非対称となっ

ているため、繰り返し法による巾乗法で行なった。これを繰り返せば、83個の固有値とそれに対応する固有ベクトルが求まるわけであるが、長時間を必要とし、我々が最も必要としている値は、最小固有値とそれに対応する固有ベクトルである。そこで、逆行列を求めてから巾乗法を適用した。

3 計算結果

表-1は、基本モード、第2モード、第3モードに対応する固有周期の計算結果である。基本モードに対応する固有周期は、約33.0分、第2モードに対応する固有周期は約15.3分、第3モードに対応する固有周期は、約6.5分となっている。前報において、ノイマンの理論を仙台港完成時に適用し、基本モードの固有周期を推定し

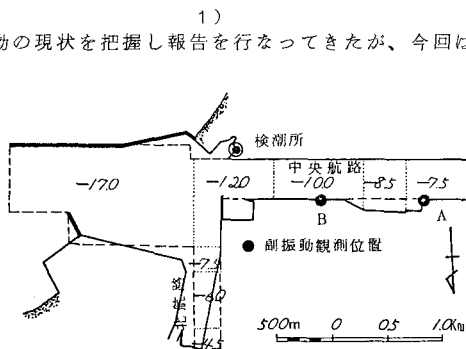


図-1 仙台港平面図

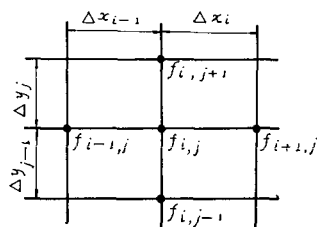


図-2

	$\lambda \times 10^{-4} \text{m}^4$	T (sec)
1	0.0103	198.00
2	0.0475	920.5
3	0.2657	389.4

表-1 計算結果

たところ30分強であった。今回は33分となりほぼ一致している値ではないかと思われる。ここでは示していないが、各固有周期に対し波高分布を表わす固有ベクトルは、各々83個づつ出ているわけである。これを湾奥の波高を1として基準化した振動のモードを、等波高比線で表わしたものが図-3である。(a)は基本モードによる波高分布図、(b)は第2モードによる波高分布図である。

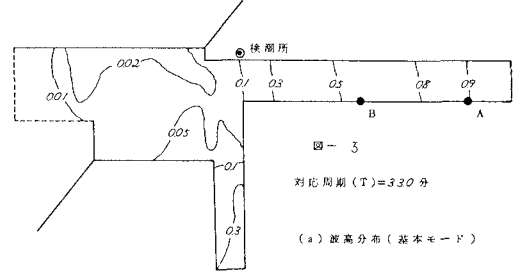
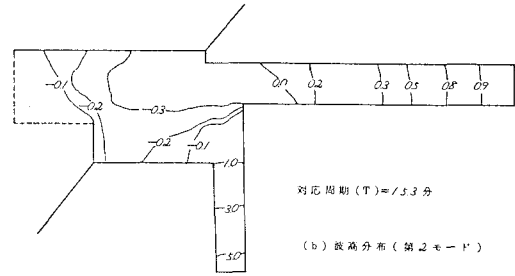


図-3
対応周期(T)=33.0分

(a) 波高分布(基本モード)



対応周期(T)=15.3分

(b) 波高分布(第2モード)

4 実測値及び計算結果との比較

図-4は、昭和54年4月2日において検潮所、観測点A、Bの同時観測による副振動の比較である。検潮所における副振動は潮位観測記録より、観測点A、Bは、圧力変換器による副振動の記録から、副振動の山、谷の中間点を結んだ線を静水面と考えて、静水面からの変位を読みとり、3者とも周期、振幅を同一スケールで表わしたものである。

若干の位相のずれはあるが、副振動の周期は3点ともほぼ一致して、30分前後の値を示している。この値は、基本モードにおける固有周期の推定値とほぼ一致している。そこでそれぞれの波高を平均して、図-3の基本モードにおける波高分布と比較を行なってみた。各地点の波高の平均値は、検潮所=10.5cm、観測点A=10.3cm、観測点B=8.4cmとなる。基本モードに対する波高分布の計算値は、観測点Aの波高比を0.9にした場合、観測点Bでは約0.6、検潮所においては約0.1という値であるが、実測値の平均波高から求められる波高比は、観測点Bで約0.7、検潮所では約0.9となる。計算結果とは、それぞれ0.1、0.8の差が生じた。観測点Bとの差は、波高が10cm程度と小さいので、許容誤差と考えられる。しかし、観測点Aと検潮所の波高が同程度であり、計算結果による推定波高に比べかなり大きい。これは、複雑に入り組んだ所に検潮所があるためだろうと思われるが、検討中である。

5 あとがき

仙台港完成時における、固有周期、波高分布を予測したわけであるが、周期に関しては、前報告等からほぼ妥当な値ではないかと思われる。しかし、同時観測によるデータが少ないため、波高分布に関しての比較検討が不十分であった。また検潮所における波高が、かなり高いことも今後の検討課題である。なお、第2モードの波高分布の計算値をみると、北航路奥部の波高比が中央航路に比べ、著しく大きくなる傾向がみられるが、この点についても今後の調査によって解明して行きたいと考えている。

参考文献

- 1) 沼田, 高橋: 塩釜港仙台港区における副振動の現状とその発生要因, 第33回年講Ⅱ-359, 1978
- 2) 大分県新産業都市建設局: 住吉泊地の副振動に関する調査報告書, 1968

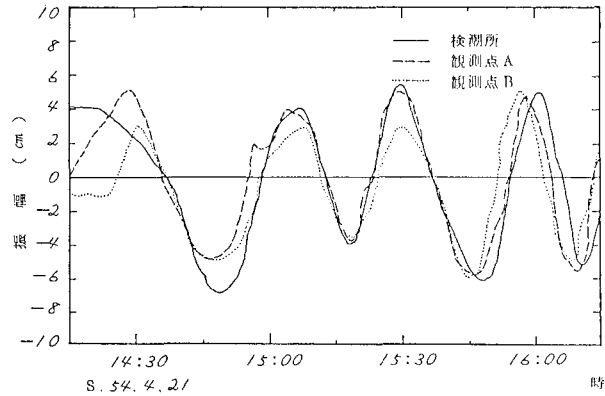


図-4 同時観測による副振動の比較