

II-267

周期解析手法による津波解析に関する一考察

佐藤工業(株) 正会員 金子典由
中央大学 正会員 川原睦人

1. はじめに

地震による海底の地殻変動, 海底火山の爆発, 海岸部の大規模な地すべりなどによって引き起こされる, 周期が数分から数十分程度の波が津波¹⁾といわれている。津波は非定常現象である。ある瞬間に生じた海底変動あるいは海面変動が長波理論に従って波速 $(gh)^{1/2}$ で外洋を伝播する。そして, 沿岸部では大陸棚や複雑な地形の影響で津波は色々に変化する。そのため, 川原等²⁾は逐次時間積分による非定常解析により海面の突然の上昇から陸岸への到達までの一連の計算を十勝沖津波について実施した。この一連の計算では津波の伝播する地域が広範囲になるため, 震源から外洋に向かう領域には, 特別に無限遠方に波が伝播する境界を設定した。首藤等³⁾は, はじめに津波の発生から外洋の伝播までの計算を行い, その波形の結果を沿岸部解析の外海境界に強制入力してチリ津波の沿岸部での数値シミュレーションを行った。これらの計算結果は実測値とよく一致している。しかし, これらの解析は大規模な計算であったろうと推測される。十勝沖津波の計算では16547 節点の有限要素を用いている。また, これらの津波は事後解析である。発生後の調査結果をもとに再現計算を行った結果であり, 地震発生と同時にリアルタイムでの予測を行えるようになるのは, 今後の課題であろう。

津波の事前検討のために入力津波を想定することは困難であろうし, 余程の重要施設を除いては, 一般の海岸施設では大規模な計算は経済的に非合理的である。

そこで, 周期解析手法による津波解析が考えられる。阿部等⁴⁾は2次元数値モデルで振動モードを求めて, 女川湾の津波に対する湾内振動を検討した。周期解析は準定常の計算で一回だけ連立一次方程式を計算すればよい。従来の解析的な津波の検討では, 入力波形として単独波と, 周期的な正弦波で表示する二つのタイプに分類される。周期解析では, 津波の周期と湾の固有振動周期とのセイシュとして取り扱うため, 入力波形を正弦波とおくタイプについて取り扱うことができると判断される。

ここでは, 大船渡湾におけるチリ津波の周期解析を行い, 周期解析の可能性について検討する。

2. 支配方程式

津波の挙動は, 浅水長波方程式により表わすことができる。

$$\frac{\partial v_k}{\partial t} + g\eta_{,k} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + (hv_j)_{,j} = 0 \quad (2)$$

ここで, η は水位変動, v_k は流速, g は重力加速度, h は平均水深である。

水位変動と流速が周期的であると仮定して空間の関数と, 時間に関する周期関数に変数分離する。

$$\eta = \zeta e^{i\omega t} \quad v_k = u_k e^{i\omega t} \quad (3)$$

これを, 支配方程式に代入して整理する。

$$i\omega u_k + g\zeta_{,k} = 0 \quad (4)$$

$$i\omega \zeta + (hu_j)_{,j} = 0 \quad (5)$$

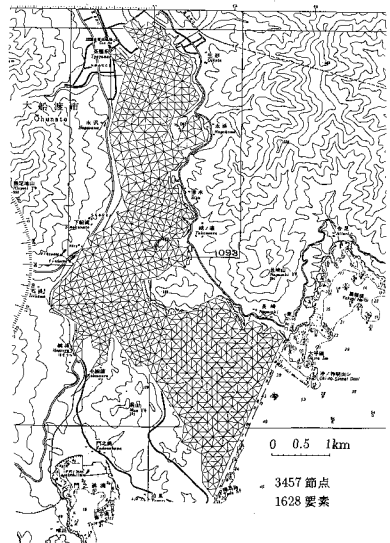


図-1 大船渡湾の要素分割

3. 数値計算結果

この周期的な方程式を有限要素法により離散化する。その際、流速に2次、水位に1次の形状関数を用いる。解析に使用する要素分割を図-1に示す。1628要素、3457節点(内915主節点)である。入力波の周期が、30, 40, 45, 46, 47, 48, 49, 50 分について計算を行った(図-2参照)。図-3に大船渡湾の実測値と計算結果とを比較した。入力波の周期が45分から50分の場合に実測値と同じ傾向になった。この結果はチリ津波の周期が50分から60分だと言われている事実と一致している。

4. おわりに

2次元の周期解析で大船渡湾のチリ津波計算を行った。湾内の最大水位分布を比較した結果、周期が45分から50分の場合に実測値と一致し、これまでの検討と同じ結果を得た。以上の結果より、周期解析でも、津波の挙動の第一近似となりうる事が分かった。

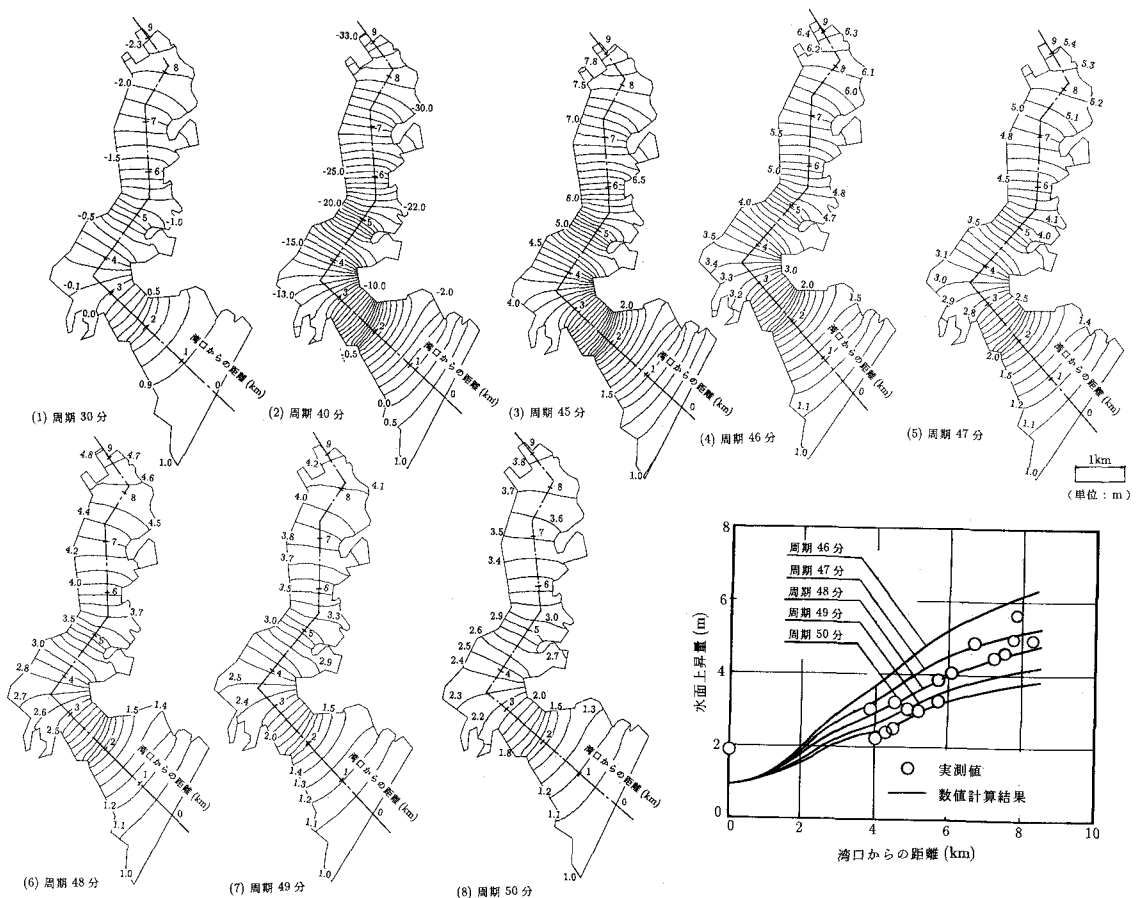


図-2 大船渡湾の最大水位分布

図-3 大船渡湾最大水位の実測値¹⁾との比較

参考文献

- (1) 堀川清司, "海岸工学", 東京大学出版会, 1973
- (2) Kawahara, M. and et.al, "Finite element Method for tsunami wave propagation analysis considering the open boundary condition", Computers and Mathematics with Application, Vol.16, No.1/2, pp.139-152, 1988
- (3) 永野修美, 今村文彦, 首藤伸夫, "数値計算による沿岸域でのチリ津波の再現性", 第36回海岸工学講演会論文集, pp.183-187, 1989
- (4) 阿部至雄, 相原昭洋, "宮城県沖地震津波による女川湾の湾水振動特性", 第30回海岸工学講演会論文集, pp.158-162, 1983
- (5) 金子典由, "定常流れが周期解に及ぼす影響", 第3回計算力学シンポジウム, pp.201-206, 1989