

電力中央研究所 正会員○坪野考樹
 京都大学防災研究所 正会員 井上和也
 京都大学防災研究所 正会員 中川 一
 京都大学大学院 学生員 栗原 哲

1. はじめに 本研究では、一般座標系の数値モデルを用いて津波の河川遡上に伴う氾濫解析を行った。南海道地震規模の津波を大阪湾において発生させ、津波の淀川遡上による高水敷での氾濫について検討を行うとともに、デカルト座標系での計算結果と本モデルでの計算結果との比較検討を行った。

2. 津波およびその氾濫を扱う基礎方程式 本研究では、津波の発生・伝播の計算にはデカルト座標系の基礎式、津波の河川遡上による高水敷氾濫の計算には一般座標系の基礎方程式を用いて解析を行った。デカルト座標系の基礎式は、Reynolds方程式を鉛直方向に積分して得られる二次元平面流れの式であり、一般座標系の基礎式は、デカルト座標系の二次元平面流れの式をチェーンルールを用いて変換した以下の式である。

$$< \text{連続式} > \quad \frac{1}{J} \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial (y_{\eta} M - x_{\eta} N)}{\partial \xi} + \frac{\partial (-y_{\xi} M + x_{\xi} N)}{\partial \eta} = 0$$

< 運動方程式 >

$$(x \text{ 方向}) \quad \frac{1}{J} \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial U M}{\partial \xi} + \frac{\partial V M}{\partial \eta} + \frac{gh}{J} \left(y_{\eta} \frac{\partial H}{\partial \xi} - y_{\xi} \frac{\partial H}{\partial \eta} \right) + \frac{gn^2 M \sqrt{M^2 + N^2}}{h^{7/3}} = 0 \quad U = (y_{\eta} u - x_{\eta} v) / J$$

$$(y \text{ 方向}) \quad \frac{1}{J} \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial U N}{\partial \xi} + \frac{\partial V N}{\partial \eta} + \frac{gh}{J} \left(-x_{\eta} \frac{\partial H}{\partial \xi} + x_{\xi} \frac{\partial H}{\partial \eta} \right) + \frac{gn^2 N \sqrt{M^2 + N^2}}{h^{7/3}} = 0 \quad V = (-y_{\xi} u + x_{\xi} v) / J$$

ここに、 U, V : 反変流速、 M, N : x, y 軸方向のフラックス、 h, H : 水深および水位、 n : 粗度係数、 J : ヤコビアン、 ξ, η : 計算面での軸を表す。以上を差分式に変換して計算を行った。デカルト座標系に関しては中川¹⁾らの差分式、一般座標系に関しては有限体積法的に離散化を行った差分式をそれぞれ用いた。

3. 計算条件 計算対象は大阪湾域と淀川河口部である。計算領域には領域Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、ⅣおよびⅤの5つがあり、図1に領域Ⅰ～Ⅳを、図2に領域Ⅴを示す。領域Ⅰ～Ⅳでは、中川¹⁾のデカルト座標系のモデルを用いて津波の伝播計算を、領域Ⅴでは、一般座標系のモデルを用いて津波の河川遡上の計算を行った。領域Ⅴでは、淀川の堤防に沿って縦断方向に148分割、横断方向に25分割して境界の座標値を与え、簡単な内挿法によって格子を形成した。地盤高は、河川の横断図から読みとった値を内挿して与えた。津波の発生原因である海底面の地殻変動量は、Mansinha-Smylieの方法を用いて求め、その変動量が一定時間で線形に増加すると仮定して計算を行った。

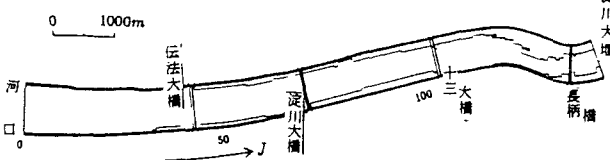


図2 領域Ⅴ

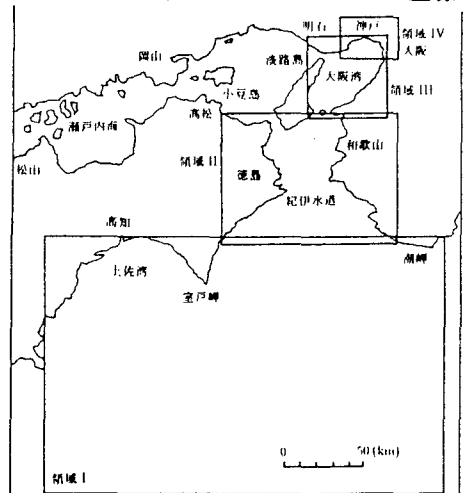


図1 領域Ⅰ～Ⅳ

沖側の開境界では無反射境界条件を適用し、領域の接続に関しては2領域間を重ね合わせ、内挿により接続部分の水理量を与えた。また、領域Ⅴの上流端には淀川大堰をとり、洪水期以外では通常堰は閉じられていることから、津波はここで完全反射するという境界条件を与えた。

4. 大阪湾域部への適用 まず、1946年の南海道地震津波の再現計算を行った。堺における計算結果および観測値を図3に示す。若干の位相のずれおよび振幅の差異があるものの、紀伊水道を通して大阪湾に侵入する津波については比較的良好に再現していると考えられる。ついで、地形資料を現在のものに改め、南海道地震規模の津波の計算を行った。津波の発生時を $t=0$ とし、河口部、伝法大橋、十三大橋、淀川大橋、長柄橋の河川中央部での水位変動量の時間的な分布を図4に示す。津波発生から120分より少し前で津波が河口に到達し、その後60分という長い周期の波が240分まで起こっている。また、第一波は河口より長柄橋の方が大きくなっているが、これは淀川大堰で反射が起こっているためと考えられる。また、河道方向に沿った測線の水位を図5に、浸水域の最も大きい時刻($t=165$)での浸水状況を図6に示す。このように淀川大堰で反射波のピークが生じるとき、および河口付近で引き波が起きるときに最も氾濫域が大きくなり、海老柄地区、西中島地区の州、長柄地区の下流側で浸水することが分かった。図5より、どの測線も同様の水面形を示しており、河道に沿って津波が遡上していることが分かる。また、デカルト座標系の計算結果を図7に示す。この結果と一般座標系の計算結果はそれほど変わりなく、従来用いているデカルト座標系と同程度の計算ができることが分かる。

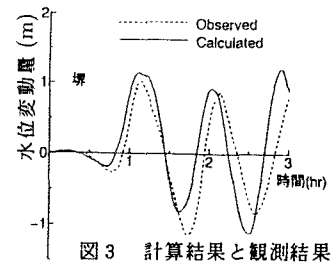


図3 計算結果と観測結果

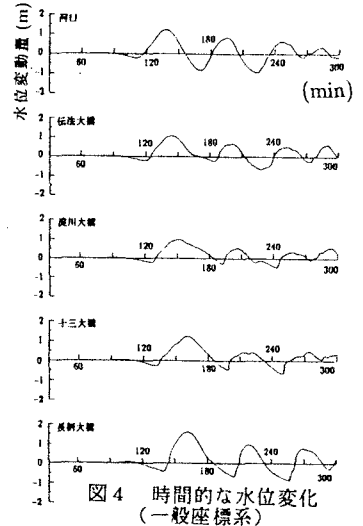


図4 時間的な水位変化 (一般座標系)

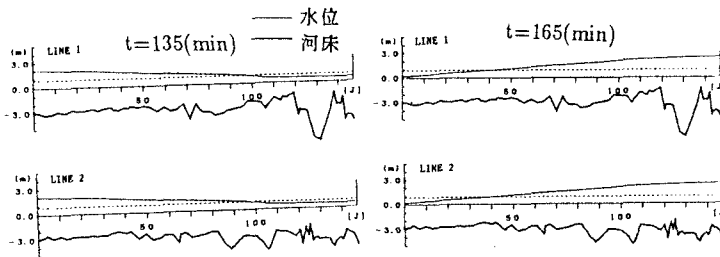


図5 空間的な水位分布

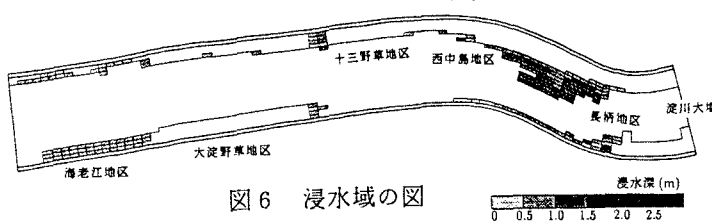


図6 浸水域の図

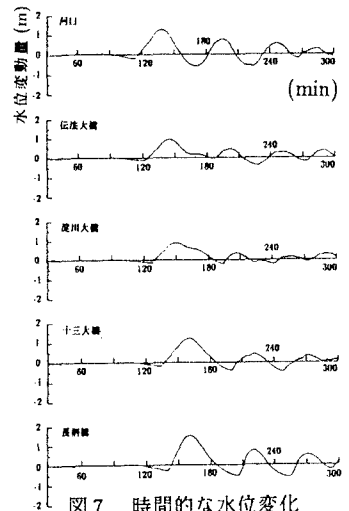


図7 時間的な水位変化 (デカルト座標系)

5. おわりに 本研究では、津波およびその高水敷への氾濫を一体化して表すことのできる一般座標系のモデルを構築した。一般座標系のモデルでは、河道の法線に沿った格子を配置できるため、従来のデカルト座標系のモデルに比べて少ない格子数および計算時間で同等の計算ができた。また、南海道地震規模の津波では、堤内地に浸水するほどの水位上昇は起こらないと予測されたが、高水敷には浸水するので、地震時対策にはこの点を配慮しておく必要があることが知られた。

6. 参考文献

1) 栗原・井上・中川：平成6年度関西支部年次学術講演会講演概要集，Ⅱ-47