

II-345

越波を考慮した高潮氾濫解析における海面上昇の影響

京都大学大学院 学生員○上塚哲彦
 京都大学防災研究所 正会員 中川 一
 京都大学防災研究所 正会員 井上和也

1. はじめに 本研究では、高潮が堤防天端高を越えることで越流氾濫が生じるとした従来のモデル¹⁾に、越波による氾濫を加えた高潮氾濫解析手法を示している。過去最大規模に相当する計画台風の来襲を想定し、現在の状況と将来的に憂慮されている海面上昇後について、大阪湾域都市部に本手法を適用することにより、海面上昇が氾濫の拡大に与える影響についての検討を行う。

2. 高潮およびその氾濫を扱う基礎方程式 高潮とその氾濫については、(1)式で示される連続式と(2)式の運動量式を用い、両式を差分化することで解析を行った。台風モデルには、藤井・光田のモデル²⁾を用いた。また、潮位が堤防天端高を越える場合には、越流量を岩佐³⁾の方法にしたがって本間の越流公式により与え、海岸堤防からの越波流量は、立石⁴⁾の方法にしたがい、合田⁵⁾の(3)式により求めた。来襲波の特性は(4)式で示される井島の式⁶⁾を用いることにより求めた。

$$\left. \begin{aligned} \text{連続式} \quad \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} &= 0 \quad (1) \\ \text{運動量式} \quad \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial(uM)}{\partial x} + \frac{\partial(vM)}{\partial y} &= -gh \frac{\partial Z}{\partial x} - \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial p}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_w} + fN + \frac{\tau_{sx}}{\rho_w} \\ \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial(uN)}{\partial x} + \frac{\partial(vN)}{\partial y} &= -gh \frac{\partial Z}{\partial y} - \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial p}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho_w} - fM + \frac{\tau_{sy}}{\rho_w} \quad (2) \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{q_{exp}}{\sqrt{2g(H'_0)^3}} &= \int_0^\infty q^*(x) \cdot p(x) dx \\ q^*(x) &= 0.10 \left(\frac{K}{1+K} \right)^{3/2} x^{3/2} \left[1 - \frac{h_c}{H'_0} \cdot \frac{1}{Kx} \right]^{5/2} \\ K &= \min \left\{ \left[1.0 + a \frac{xH'_0}{h} + \frac{b}{K_s} \left(\frac{xH'_0}{h} \right)^2 \right], c \right\} \\ x &= H/H'_0 \quad K_s = H_{1/3}/H'_0 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{gH_{1/3}}{U^2} &= 0.30A \left[1 - \left\{ 1 + \frac{0.004}{A} \left(\frac{gF}{U^2} \right)^{1/2} \right\}^{-2} \right] \\ \frac{gT_{1/3}}{2\pi U} &= 1.37B \left[1 - \left\{ 1 + \frac{0.008}{B} \left(\frac{gF}{U^2} \right)^{1/3} \right\}^{-5} \right] \\ A &= \tanh \left[0.578 \left(\frac{gh}{U^2} \right)^{3/4} \right] \\ B &= \tanh \left[0.520 \left(\frac{gh}{U^2} \right)^{3/8} \right] \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

ここに h :水深, u, v : x, y 方向の流速, M, N : x, y 方向の流量フラックスで $M = uh, N = vh$, Z :基準面から自由水面までの高さ, ρ_w :海水の密度, p :平均気圧からの偏差, τ_{bx}, τ_{by} :水底面でのせん断応力の x, y 方向成分, τ_{sx}, τ_{sy} :自由水面でのせん断応力の x, y 方向成分, f :コリオリのパラメータ, g :重力加速度, h_c :水面からの堤防天端高, H :波高, $H_{1/3}$:不規則波の有義波高, H'_0 :換算沖波有義波高, $p(x)$:波高の確率密度関数で、レーリー分布で与える。堤防はすべて直立護岸を仮定し、式中 $a=1.0, b=0.8, c=10.0$ である。また, F :吹送距離, U :風速, $T_{1/3}$:有義波周期である。

3. 計算領域 計算領域は図1に示すように、広領域と狭領域に分けた。格子の大きさは、国土数値情報に準拠させ、広領域では第3次メッシュを採用し、 $\Delta x = 1145$ m, $\Delta y = 922.5$ mとし、狭領域では広領域の1/4の値を用いた。

4. 計算方法 広領域では、主要4分潮による潮汐と、(5)式で示される気圧低下による吸い上げと吹き寄せによる水位上昇を考慮した水位を、境界条件として与えた高潮計算を行う。そのとき、狭領域との境界で必要な各水

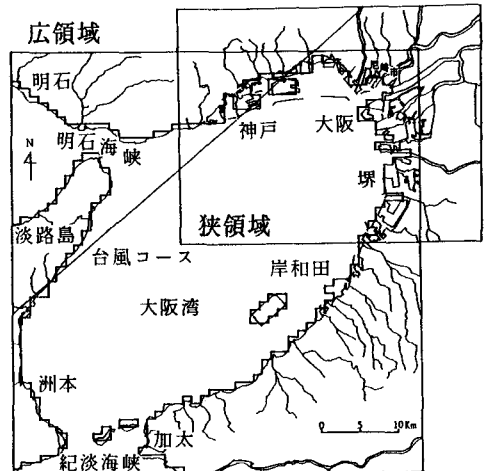


図1 計算領域

理量を求め、それらを境界条件として狭領域で高潮と氾濫の計算を同時に行った。

$$\Delta h_p = 0.991 \Delta p \quad \Delta h_w = \alpha \Delta h_p \quad (4)$$

$\Delta p(\text{hPa})$: 気圧低下量, $\Delta h_p(\text{cm})$: 吸い上げによる上昇量, $\Delta h_w(\text{cm})$: 吹き寄せによる上昇量で, α は定数で1を与えた⁷⁾。

5. 計画台風による高潮氾濫計算結果 本研究では, 中心気圧が920hPaと一定で, 室戸台風のコースを, 満潮時に最大偏差が現われるように来襲する台風が, 大阪湾を通過すると想定した計画台風を用いて数値計算を行った。台風発生から通過後までの9時間の大阪北港での潮位変化を図2に示す。また, 氾濫域が最大となるときの氾濫の様子を図3に示す。

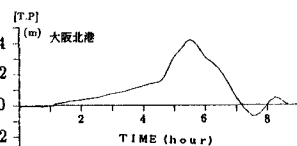


図2 潮位変化

6. 海面上昇後の高潮氾濫計算結果 近年, 地球の温暖化が進行しており, 将来的に地球環境が変化することが予想されている。気候変動に関する政府間パネル(IPCC)は, 2100年には平均海面が現在の水位よりも65cm上昇すると報告している。そこで, 本研究では65cmの海面上昇を与えたときの高潮氾濫計算を5.と同様の条件のもとで行い, 海面上昇の影響について検討を行った。計算結果として, 潮位変化を図4に, 氾濫面積が最大となるときの氾濫の様子を図5にそれぞれ示す。

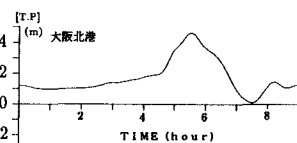


図4 潮位変化
(海面上昇後)

7. 海面上昇の影響 潮位変化の図2と図4を比較すれば, 高潮は海面上昇と同程度大きくなっていることが分かる。そのため, おもに越波による氾濫が生じていた地域の中には, あらたに越流による氾濫が生じる地域があると考えられる。越波に比べ越流による流入量の方が多いことを考えると, 氾濫規模が拡大することが推察される。そこで, 図3と図5の比較を行うと, 図3では氾濫面積が83.51km²であるのに対し, 図5では97.04km²となっており, 海面上昇によって氾濫域は1.16倍に拡大している。また, 氾濫水深が1m以上となっている面積については1.27倍, 1.5m以上では1.46倍, 2m以上では1.96倍と氾濫水深が大きいはど増加率が大きくなっている。

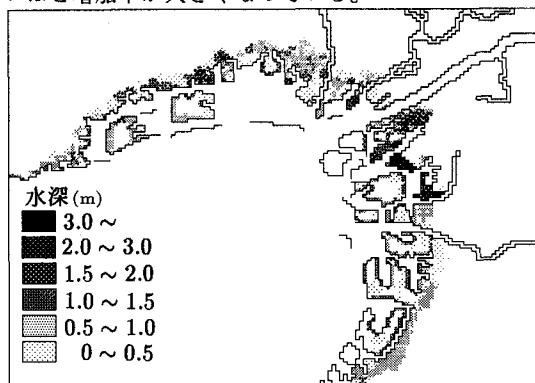


図3 氾濫の様子

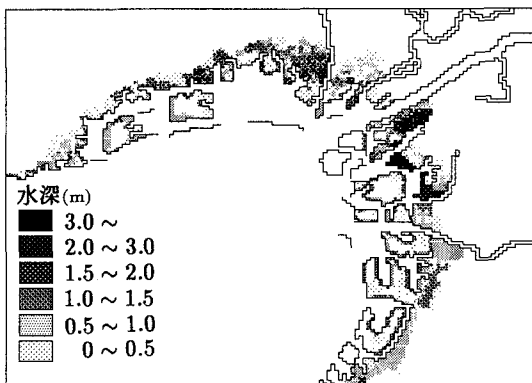


図5 氾濫の様子(海面上昇後)

8. おわりに 今回の高潮氾濫解析では, 氾濫水の排水施設を考慮しなかったことや, 埋立地や防波堤による波高の減少効果を考慮しなかったことにより, 氾濫規模が過大評価された可能性がある。今後, こうした問題点についても改善を行っていく予定である。

9. 参考文献 1) Inoue, K. et al.: 3rd ROC-JAPAN Seminar, 1993.; 2) 藤井・光田: 京大防災研年報, 第29号B-1, 1986.; 3) 岩佐・井上・水鳥: 京大防災研年報, 第23号B-2, 1980.; 4) 立石・磯部・渡辺: 47回学術講演会概要集第2部, 1992.; 5) 合田・岸良・神山: 港湾技術研究所報告第14巻4号, 1975.; 6) 井島: 水工学シリーズ68-02, 1968.; 7) K. Najatsuji et al.: PROCEEDINGS vol. IV, 1993.