

九州旅客鉄道株式会社 正会員○溝田敏夫

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、2次元単層モデルの基礎方程式を用いて、地上での高潮・洪水氾濫と氾濫水の地下空間への浸入を同時に解析できるモデルを作成するとともに、これを大阪堂島地下街に適用して高潮・洪水氾濫による地下街での浸水の水利特性および地下街の浸水対策の効果を検討した。

2. 地下街浸水に関する基礎方程式 地上部および地下街での氾濫の基礎方程式は以下に示すような2次元平面流れの式である。

連続式(地下街への階段がない地上格子)

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

(地下街への階段を含む地上格子)

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = -\frac{Q}{\Delta x \Delta y} \quad (4)$$

運動量式

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial (uM)}{\partial x} + \frac{\partial (vM)}{\partial y} = -gh \frac{\partial Z_b + h}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_w} \quad (2)$$

$$\tau_{bx} = \frac{\rho_w g n^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \quad (5)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial (uN)}{\partial x} + \frac{\partial (vN)}{\partial y} = -gh \frac{\partial Z_b + h}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho_w} \quad (3)$$

$$\tau_{by} = \frac{\rho_w g n^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \quad (6)$$

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、 Z_b ：地盤標高、 τ_{bx}, τ_{by} ： x, y 方向の底面せん断応力、 ρ_w ：水の密度、 g ：重力加速度、 n ：マンニングの粗度係数、 Q ：地上格子から地下への流入量、 $\Delta x, \Delta y$ ： x, y 方向の地上部における格子の大きさである。地上から地下への流入は段落ち流れを仮定し、次式によって Q を求める。

$$Q = B\mu h \sqrt{gh} \quad (7)$$

ここに、 h ：階段の防水用ステップを越える水深、 B ：地上の1格子内にある階段の有効幅の総和、 μ ：段落ち流れの流量係数であり、高橋ら¹⁾の実験結果を参考にして1.0とする。

3. 計算領域 計算対象領域は、図1に示すような大阪湾域都市である。高潮とその氾濫の計算をInoue²⁾らの方法によって実行する。広領域では狭領域の開境界条件を求めるために高潮のみの計算を行い、狭領域ではこれを用いて高潮の氾濫計算を行う。格子サイズは、広領域では国土数値情報の第3次メッシュを用い、 $\Delta x=1145\text{m}$ 、 $\Delta y=922.5\text{m}$ とし、狭領域ではその1/4の値を用いる。今回対象とした堂島地下街を包含する狭領域の2つの格子を地上部と呼ぶことにする。その格子の一边を50等分し $\Delta x=5.725\text{m}$ 、 $\Delta y=4.6125\text{m}$ 、総格子数 50×100 が地上部の計算領域である。そして狭領域の氾濫計算で求めた流量フラックスを地上部の周辺格子に与え、地物条件としてビル、車道、歩道が区別できるような場での氾濫計算を行う。なお地下部は地上部の1/2の格子サイズとした。

4. 河川および海岸堤防決壊時の地下街の浸水 ここでは、高潮氾濫と河川の洪水氾濫とが同時に発生する重畳氾濫を対象とする。そこで、

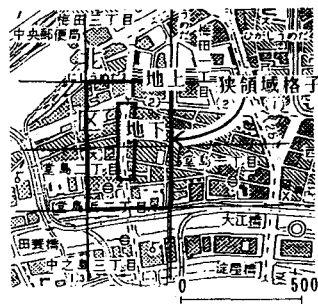
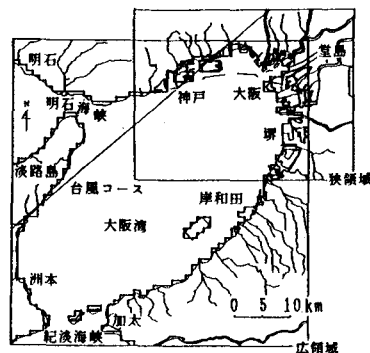


図1 計算領域

海岸堤防および淀川堤防の一部が決壊した場合を想定する。浸水対策としては地上部の階段入口に高さ105cmの止水板が設置されている場合の解析を行った。その結果を図2に示す。なお堤防決壊25分後が図中の時刻ゼロである。止水板はこのような氾濫を想定して設けられていないため、あまり効果はなく、地下街は短時間のうちに1mを越える浸水深となっている。図3は止水板がない場合の計算結果である。高潮・洪水氾濫発生から地下街水没までの時間を図2と比べると、図2がわずかながら時間的余裕があり、止水板による効果がみられる。

5. ポンプによる排水効果の評価 地下街には浸水被害の軽減策として、排水ポンプが設置されている。それらは本研究のような高潮・洪水氾濫を想定したものではないが、その排水効果を検討してみた。図4は止水板を設けたとき、図5は止水板を設けなかったときの浸水深の時間変化をポンプが稼動した場合としない場合とで比較したものである。ポンプを設けることで、浸水の発生時刻が数分遅れ、若干の効果があるといえるが、その効果は浸水初期に限られている。このようなポンプは地下街の側溝に浸潤してくる水を排水するような目的で設けられたものであるが、洪水や内水、あるいは高潮氾濫などによる浸水に対しても、有効な排水方法が講じられる必要があろう。

6. おわりに 地上部および地下街での浸水過程を同時に評価し得る氾濫解析を行い、高潮氾濫に対する現状における地下街の浸水対策を検討した。現状の高潮対策は、ここで対象とした高潮・洪水氾濫を対象としていないので、対策の有効性については厳密な検討は行えなかったが、高潮氾濫を対象とした排水施設の設置などの対策も講じられることが望まれる。今回は地下部は常に開水路状態であるとして解析を行ったが、今後は管路状態も同時に考慮した解析を行ってみたい。

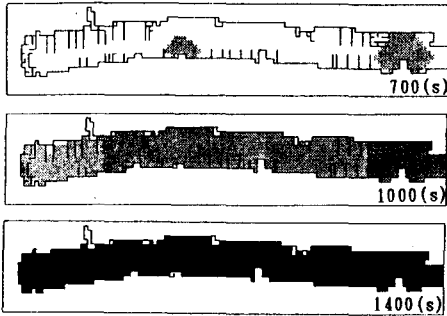


図2 地下の氾濫状況（止水板あり）

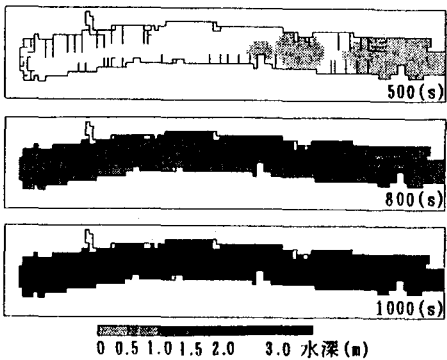


図3 地下の氾濫状況（止水板なし）

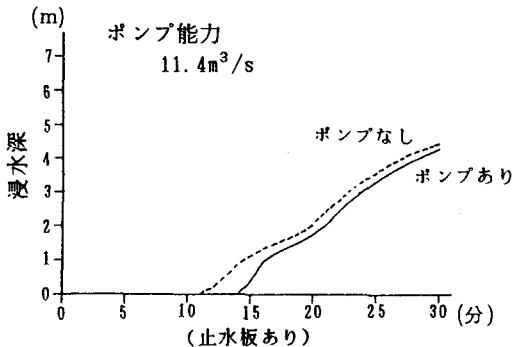


図4 地下の浸水深の時間的変化

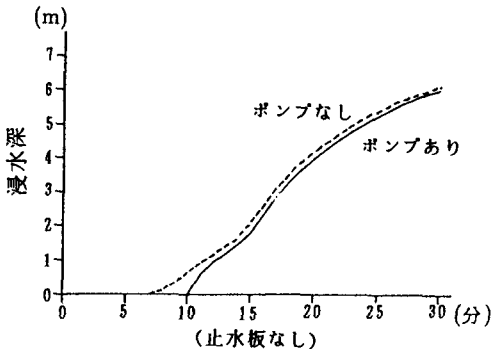


図5 地下の浸水深の時間的変化

9. 参考文献 1)高橋・中川・野村：京大防災研年報，第33号，B-2，1990．；2)Inoue,K. et al.：3rd ROC-JAPAN Seminar, 1993.