

II-68

地下街が存在する市街地における洪水氾濫

京都大学防災研究所 正 員 中川 一
 京都大学防災研究所 正 員 高橋 保
 神戸製鋼所（株）正 員 野村 出

1. はじめに 近年都市中心部においては地価高騰などの理由から、大深度をも含めた地下空間の有効な活用が注目を集めている。大規模な地下街を有するような都市はいわゆるデルタ地帯と呼ばれる低平地に位置することが多く、このような市街地で高潮や洪水による氾濫が生じた場合、地下街での浸水がどのような機構で発生し、それによる被害の拡大化の機構はどのようになるか等については、殆ど研究がなされておらず、不明な点が多い。そこで本研究ではこのような問題点を明らかにするための第一歩として、地下街への浸水の過程を地上での氾濫計算とリンクして計算し得る数値シミュレーション法を提案し、水理実験を行って、計算法の妥当性を検討した。

2. 実験の概要 図1および図2に示すような地上と地下の2層構造の氾濫模型装置に、700cc/secの流量を流入部より与えることにより地上での氾濫を生起させた。地上は歩道、地下街へ通じる階段入口、ビル等の建築物から構成されている。地上の氾濫台の周辺は氾濫水の流出を許さない程度の高さの壁で囲っており、全体として閉じた系となっている。地下街は店舗の入口や店舗間の壁、支柱等を想定した構造となっている。地上と地下街とは階段を模擬した4つのスロープによって接続されている。測定項目は地上と地下街での合計9地点における目測による水深と地上5mの天井に架設したビデオカメラ撮影による地上と地下街での氾濫形状の時間変化であり、地上と地下での氾濫域は異なった色の可視化剤を用いることで区別できるようになっている。

3. 数値シミュレーション法 地上および地下街における氾濫現象の再現には、以下に示す二次元平面流れに関する基礎式を用い、著者らがこれまでに開発してきた数値シミュレーション法¹⁾で解析する。

x 方向の運動量式

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial (uM)}{\partial x} + \frac{\partial (vM)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho} \quad (1)$$

連続式

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

抵抗則

$$\frac{\tau_{bx}}{\rho} = \frac{gn^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}}, \quad \frac{\tau_{by}}{\rho} = \frac{gn^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \quad (4)$$

なお、各式中の記号は慣例のものである。地上部と地下街での氾濫計算は、地下への流出、地下からみれば地上から地下への流入といった流出境界条件を適切に設定すれば、両者は全く同一の基礎式のもとで解析できる。地上から地下へ流出する流量については、地上階段入口部で段落ち流れが発生していると考え、

$$M_{out} \text{ or } N_{out} = \mu h \sqrt{gh} \quad (5)$$

で評価した。ここに、 M_{out}, N_{out} ; それぞれ地下へ流入する x 方向、 y 方向の流量フラックス、 μ ; 流量係数、 h ; 地上階段入口部の水深である。この M_{out} あるいは N_{out} を地下への流入境界条件として与えれば、地下への浸水過程を地上での氾濫計算と並行して進めることができる。その際、連続条件として(3)式の右辺に横流出入流量を与えるのではなく、たとえば M の境界値として(5)式で求めた流量フラックスを与えることにする。

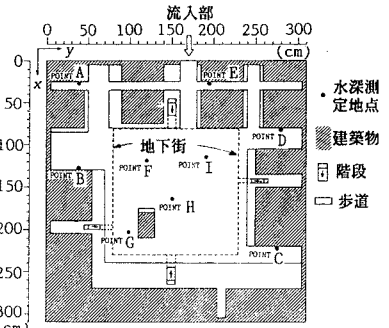


図1 市街地の概要

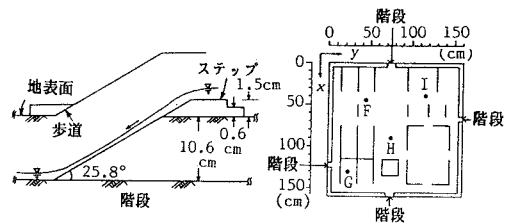


図2 地下街の概要

なお、流量係数 μ については、別途実験を行い、 $\mu=0.8\sim 1.0$ 程度の値を取ることがわかった。図3は地上および地下の各地点の水深の時間変化の計算値と実測値を比較したものである。実験値および計算値とも $t=240$ 秒程度で地上の水深はほぼ一定値となり、地下では測定値点に関係なく類似した単調増加する曲線となっている。これは、地上では閉じた系となっているために $t=240$ 秒頃に地下への流出流量と給水流量とが平衡したことによると思われる。また、地下街も閉じた系であるため、浸水が徐々に進行して各地点では同様の湛水が生じたためと思われる。なお、地盤高には実測値を用いている。

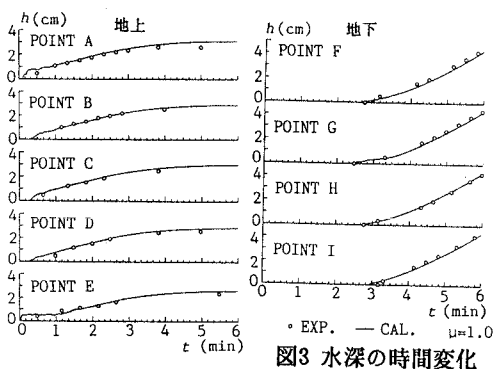


図3 水深の時間変化

図4および図5にそれぞれ地上の氾濫範囲および地下の浸水域の時間変化を示す。計算値は実験値より横方向に若干広がりやすくなっているが、これは実験では氾濫水の前縁で表面張力の影響が大きいこと、計算では先端の取り扱い（ここではthreshold水深として1mmを採用している）でこのような影響が評価できていないこと等が原因しているものと思われる。地下においては、階段からの流入開始時刻に若干の違いが見られるが、全般に計算値は実験結果の傾向を比較的良好に再現しており、本手法によって地下街への浸水がある程度説明できるものと思われる。

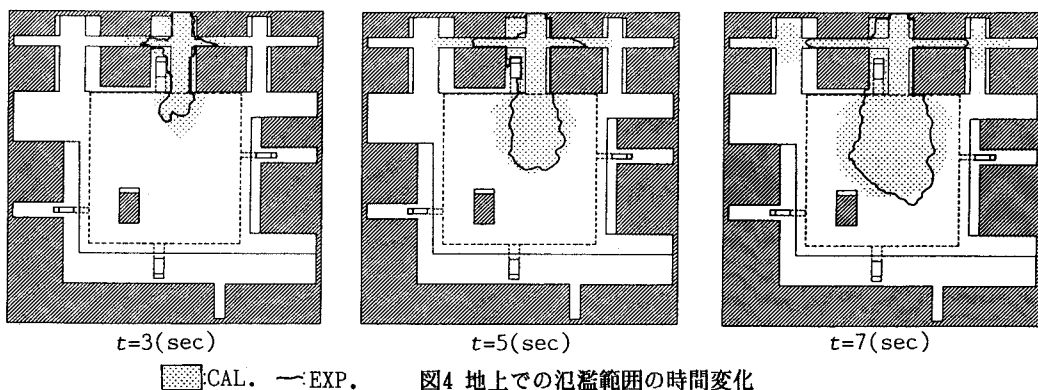


図4 地上での氾濫範囲の時間変化

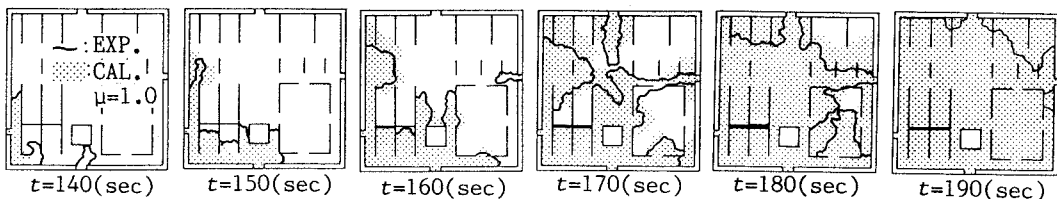


図5 地下での浸水域の時間変化

4. おわりに ここでは、実験室規模での地下街の浸水過程を計算で再現することに着目したため、メッシュサイズを階段の幅に取ったが、広い都市域を対象とする場合は、計算時間および経費の点からこのようなことは実際上不可能であるので、メッシュの取り方や計算方法を改良する必要がある。また、地下への流入は全て境界から与えたが、実際には階段が地下街の中央部などに位置する場合も多く、さらに、地下街は地下鉄などと連続している場合もあり、流入の境界条件についても今後考えていく必要がある。

<参考文献>1) 高橋・中川・西崎：京大防災研年報，29号B-2，1986，pp. 431-450。