

地下街の存在する市街地における洪水氾濫解析

京都大学防災研究所	正員	高橋	保
京都大学防災研究所	正員	中川	一
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が、地下街が存在する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なようになるかなどについては、ほとん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、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、実験結果との比較検討を行なう。

2. 実験概要

図-1.2に示すように地上と地下の2層構造の模型に700cc/secの流量を流入部より与えることにより氾濫状態を生起させた。地上は歩道、階段入口、建築物から構成されている。地上の周囲は流出を許さない程度の高さの堤防で囲っており、全体として閉じた系となっている。地下は店舗入口や店舗間の壁、支柱などを想定したものとなっている。地上部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合計9ヶ所での目測による水深と上空からの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的変化である。

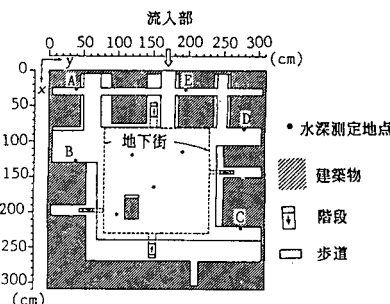


图-1 市街地地形图

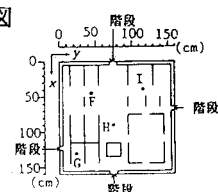
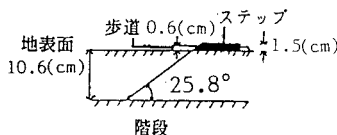


图-2 地下街地形图

3. 数値シミュレーション

地上および地下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、著者らがこれまで開発してきた数値シミュレーション法¹⁾を用いる。

x 方向の運動量式

y方向の運動量式

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial(uM)}{\partial x} + \frac{\partial(vM)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho} \quad (1) \quad \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial(uN)}{\partial x} + \frac{\partial(vN)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho} \quad (2)$$

連続式

せん断応力式

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (3) \quad \frac{\tau_{bx}}{\rho} = \frac{gn^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \quad \frac{\tau_{by}}{\rho} = \frac{gn^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \quad (4)$$

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、地上から地下への流入といった流出入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。地上から地下へ流入する流量については、階段入口部で段落ち流れが発生していると考え

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

とした。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 ;階段入口部の水深である。この M_{out} or 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。なお流量係数 μ については、別途実験を行い $\mu=0.8 \sim 1.0$ が適当であるとわかった。図-3は各地点の水深の時間変化を示したものである。実験、計算ともに

Tamotsu TAKAHASHI, Hajime NAKAGAWA, Izuru NOMURA

$t=240(\text{s})$ 程度で地上の水深はほぼ一定値となり、地下では測定地点に関係なく類似した曲線となっている。これは地上では閉じた系となっているために $t=240(\text{s})$ ころ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、各地点では同様の湛水を呈したためと思われる。図-4、5に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広がりやすくなっているが、これは実験においては氾濫水の

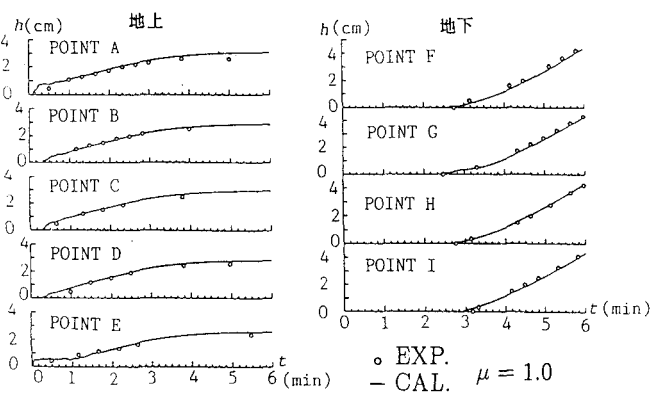


図-3 水深の時間的变化

前縁で表面張力が作用することによるものと思われる。地下においては、階段からの流入開始時刻が若干食い違っている部分もあるが、全般に計算値は実験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空間への浸水がある程度説明できるものと思われる。

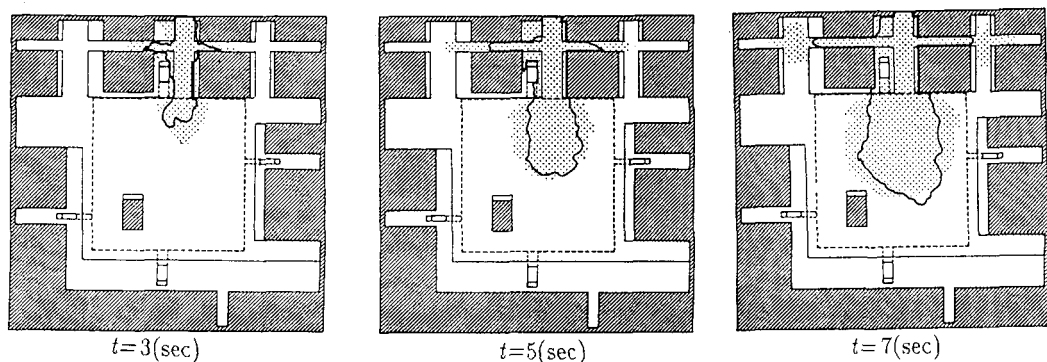


図-4 地上氾濫範囲の時間的变化

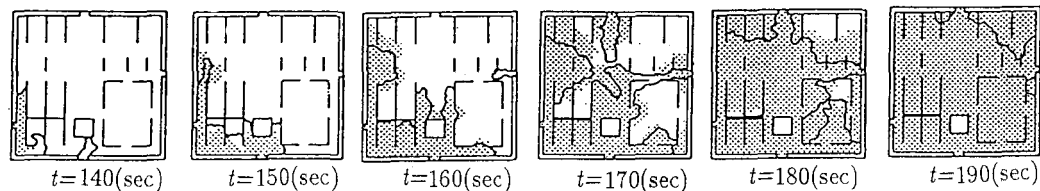


図-5 地下浸水域の時間的变化

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事実上不可能であるため、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すべ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、このような点についても今後考えていく必要がある。

◆参考文献◆

1) 高橋 保・中川 一・西崎文能：堤防決壊による洪水危険度の評価に関する研究、京都大学防災研究所年報第29号B-2、1986、pp.431-450