

## 都市水害時における小規模地下空間の浸水解析

京都大学防災研究所 正会員 ○米山 望  
 国土交通省 正会員 間島真嗣  
 京都大学防災研究所 正会員 戸田圭一  
 京都大学大学院工学研究科 学生員 山本大介

**1. はじめに** 都市部で洪水氾濫が発生すると、地下空間が浸水する恐れがある。地下空間には大きく分けて、駅前地下街といった大規模なもの、中小ビルの地下階や地下室といった小規模なものがある。このうち小規模な地下空間は床面積、容積が小さいために急激な浸水深の増加が予想される。実際に、1999年の福岡水害、同年の東京都新宿区では、地下室で水死するという事故が発生している。

そこで、本研究では階段部も含めた小規模地下空間での氾濫水の挙動を解析モデルにより精度よく予測することを目的としている。まず、地下空間内の氾濫水の挙動に大きな影響を及ぼすであろう階段部のみを対象とし、実物大階段模型に解析手法を適用した。そして、小規模地下空間の実験模型を対象として解析を行なった。また、従来の浸水解析法の一つであるポンド（貯留槽）モデル<sup>1)</sup>との比較も行なった。

**2. 解析手法の概要** 氾濫水の挙動を精度よく表現するため、VOF法を用いた三次元数値解析法<sup>2)</sup>を用いた。VOF法とは各格子における流体の存在割合を流体充填率 $F$ で表現し、 $F$ を移流させることによって水面の移動を表現する手法である。解析では、対象領域を直交格子に分割し、水平二方向と鉛直方向の運動方程式と連続式、VOF法にもとづく水面方程式を用いた。

**3. 実物大階段模型を対象とした解析手法の適用** 図-1に対象とした実物大階段模型の概要を示す。作成した解析用メッシュを図-2に示す。メッシュ数は110,864メッシュとなった。

流入条件として設定する流入境界の流速値や乱流量は、予備計算により求めた。予備計算は、解析対象を上流側に延長した解析用メッシュを用いて行なった。予備計算は越流水深（高水槽の水深）10cm、20cm、30cm、40cm、50cmにそれぞれ相当する流量を用いて行なった。計算ケースは5ケースである。

図-3に階段下流通路における断面平均流速を、図-4に水路中央水深を実験値と解析値ともに示す。階段下流通路での断面平均流速の実験値と解析値の差は、越流水深が大きいケースの場合、1割程度であり、解析による流速の変動幅の中に位置していることがわかった。また、水路中央水深はおおむね一致していることがわかった。以上より、階段下流通路の流況をおおむね再現できたことから、解析手法を階段部に適用できることがわかった。

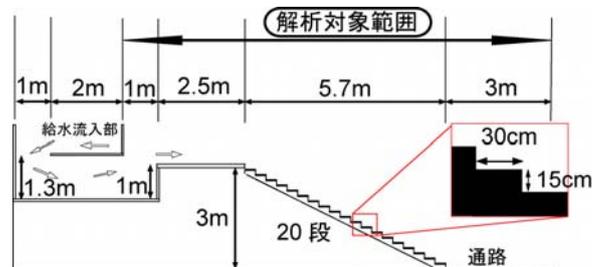


図-1 実物大階段模型の概要

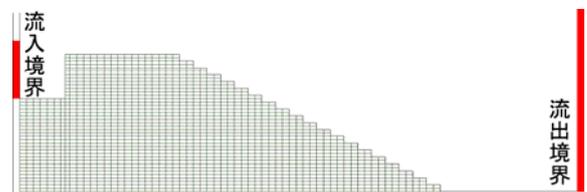


図-2 解析用メッシュ

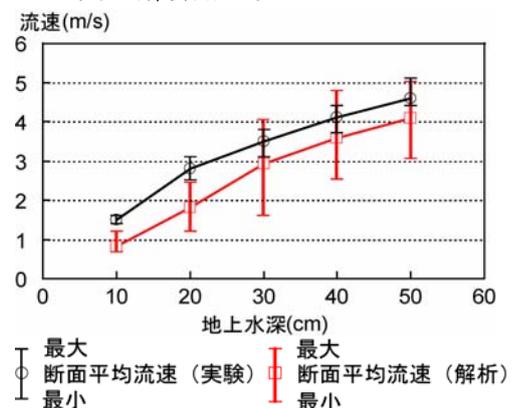


図-3 断面平均流速

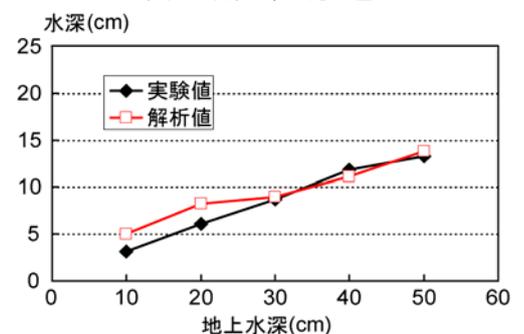


図-4 水路中央水深

三次元数値解析、小規模地下空間、都市型水害、浸水解析、VOF法

〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄 TEL: 0774-38-4137 FAX: 0774-38-4147

4. 小規模地下空間模型を対象とした解析手法の適用 図-5 に対象

とした小規模地下空間模型の概要を、図-6 に地下空間部分の平面図を示す。この水理模型を用いて浸水実験を行ない、図-6 に示す各地点で水深の時間変化を測定するとともに、ビデオを用いて、上部から氾濫水の拡がりを撮影した。実験条件として、高水槽の水深は5.1cm、階段Aからのみ流入させた。ただし、階段上部入り口には高さ1.8cmの段差を設置したため、越流水深は3.3cmである。

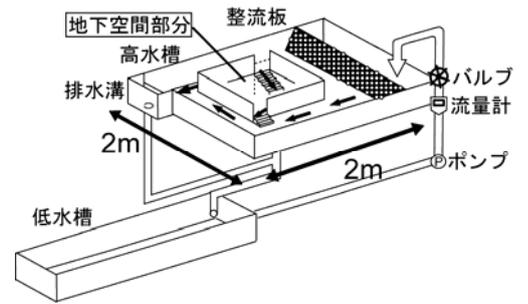


図-5 小規模地下空間模型の概要

解析対象としたのは階段部を含む地下空間部分のみである。作成した解析用メッシュを図-7 に示す。メッシュ数は616,896メッシュとなった。流入境界である階段上部に与える流量は実験により測定した水深の時間変化から逆算して求めた。与えた流量は0.91l/sである。

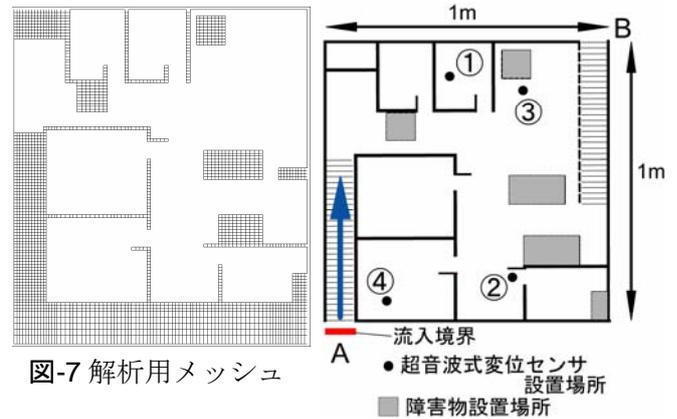


図-7 解析用メッシュ

図-6 模型平面図

図-8 に各水深測定地点における水深の時間変化を、図-9 に浸水域の時間変化を示す。その結果、三次元数値解析法では実験結果を適切に再現できることがわかった。これは、三次元数値解析法では入り組んだ地下空間での詳細な流れを表現できるためである。

4. おわりに 地下空間に接続する階段部に三次元数値解析法を適用した結果、階段下流通路の流況をおおむね再現できた。次に小規模地下空間模型を対象として解析を行なった結果、三次元数値解析法では実験結果を適切に再現できることがわかった。

参考文献：1) 井上和也・戸田圭一・川池健司・栗山健作・大八木 亮：地下空間における浸水過程の解析について、京都大学防災研究所年報 第45号B, pp173-184, 2002. 2) 米山望・松山昌史・田中寛好：1993年北海道南西沖地震津波における局所遡上の数値解析，土木学会論文集，No.705/II-59, 139-150, 2002.

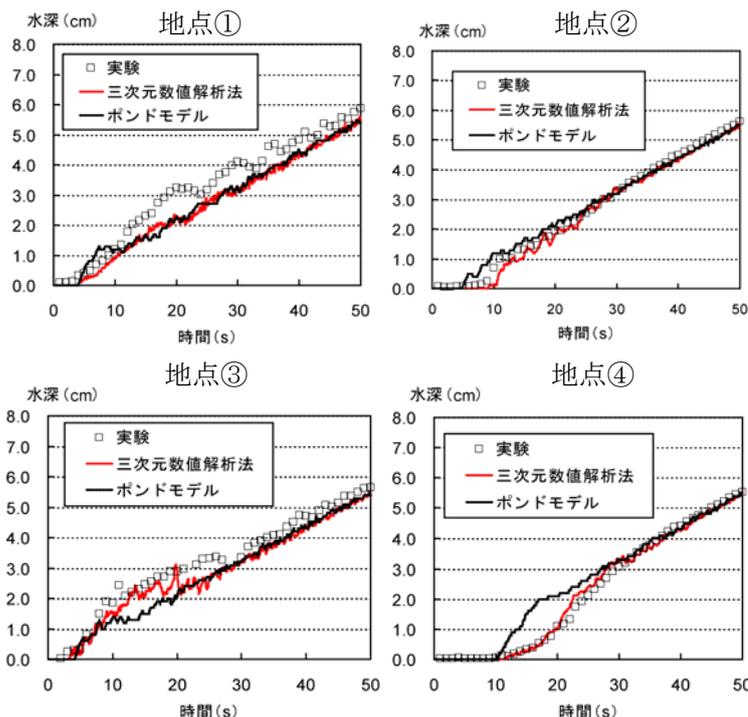


図-8 水深の時間変化

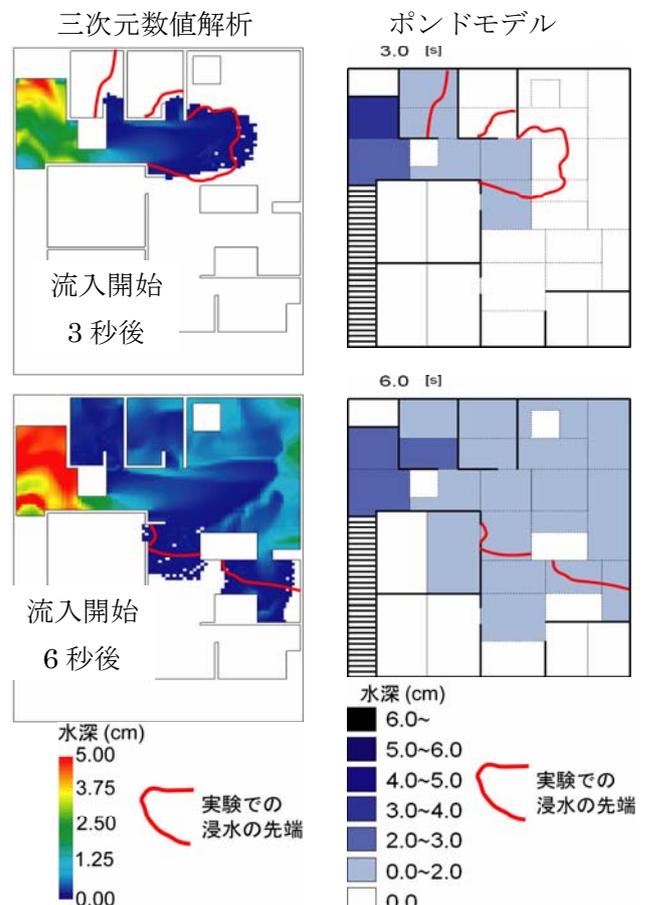


図-9 浸水域の時間変化