

第Ⅱ部門

小規模地下空間を対象とした浸水実験

京都大学工学部	学生員	○山本	大介
京都大学大学院工学研究科	学生員	間島	真嗣
京都大学防災研究所	正会員	戸田	圭一
京都大学防災研究所	正会員	米山	望

1. はじめに 首都圏各地での局所的豪雨(2005年)では半地下の車庫や住宅の地下室が浸水する事例が多く見られた。ビルの地下階や住宅の地下室などの小規模地下空間は容積が小さいので急激に水位が上昇し、人命を失うような状況が発生する可能性が高く、氾濫水の挙動を正確に把握することは防災上の急務といえる。本研究では模型実験により小規模地下空間の浸水過程を明らかにし、そこからの避難の可能性について考察する。さらに得られた実験結果を用いて数値解析手法の検証を行う。

2. 浸水実験 本研究で使用した地下室模型は1辺が15mの小規模なビルの地下階を想定したものである。図1に実験装置の概要図を、写真1に地下室模型の写真を示す。地下室模型はアクリル製、縮尺は1/15である。

2箇所の階段部、廊下、部屋(ドアの開閉が可能)があり、障害物(地下室内の状況に変化をもたせるため)の設置も可能になっている。高水槽の底面が地上に相当し、高水槽の水深を実験条件の水深に合わせ流入口を開放し、地下室模型内に水を流入させる。流入口の手前には高さ1.8cmの段差(実物換算値0.27m)を設定している。なおこれ以降、数値はすべて実物に換算した値を用いて表現することとする。流入開始とともに図2に示す合計4地点で超音波式変位センサにより水深の測定を開始し、さらに模型上方にビデオカメラを設置し浸水の先端の拡がり撮影した。ここでは表1に示すケース1の実験結果(流況、水深の時間変化)を紹介する。まず流況を図3に示す。流入開始から20秒後には①、②、③の領域に水が拡がり、40秒後には⑤の領域にも水が拡がる。70秒後には地下室全域に水が拡がる。次に水深の時間変化について述べる(図4)。流入開始から150秒後までは各地点間の水深に差がみられた。流入開始から160秒後には地下室内のすべての地点で水深が0.70mを越えた。

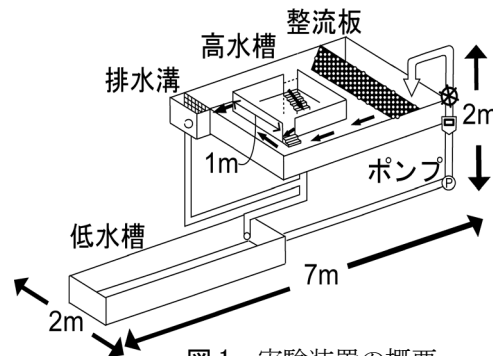


図1 実験装置の概要

● 超音波式変位センサ設置場所
■ ブロック設置場所

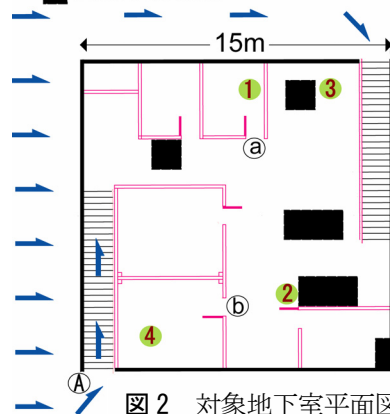


図2 対象地下室平面図

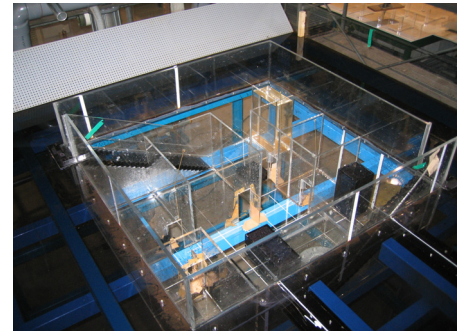


写真1 地下室模型写真

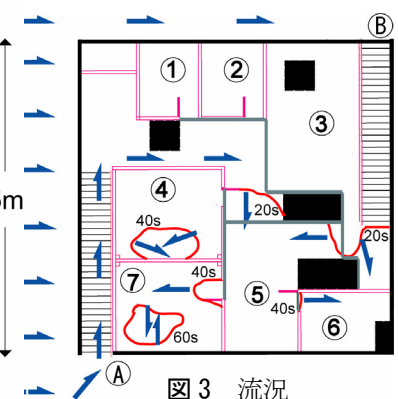


図3 流況

表1 実験ケース

	地上水深(m)(実物換算値)	越流水深(m)(実物換算値)	流入口	ドア
ケース1	0.77	0.50	A開放	全て開放
ケース2	0.77	0.50	B開放	a,bのみ開放

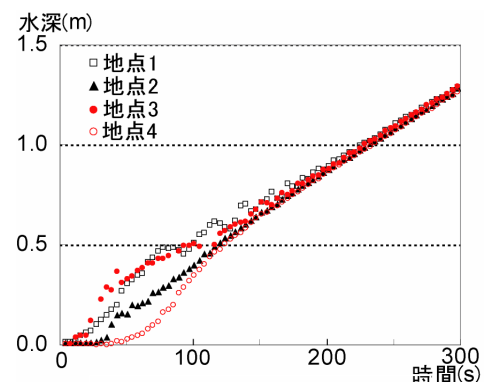


図4 水深の時間変化

3. 避難可能性の検討 表 1 に示すケース 2

について避難可能性の検討を行う。図 5 に地下室からの避難可能性を示す。地下室を 4 つの領域に分割し実験で水深を計測した 4 つの地点(図 2)の水深がそれぞれの領域の水深を表すと考える。ここで平面部の避難限界を①水深が 0.20m 以上で子供、②0.50m 以上で成人女性、③0.70m 以上で成人男性が歩行困難になるとした¹⁾。また階段部の避難限界は流入口の越流水深 0.30m を避難限界とし、部屋の中からドアを開けることのできる限界の水深を 0.40m に設定した²⁾。避難が不可能になった階段や水圧で開けることのできないドアには印(×)をつけている。まず階段 B は流入開始時から越流水深が 0.30m を越えているので、階段 B を利用して地上に避難することは不可能である。流入開始から 60 秒後には領域 1, 2, 3 の水深が 0.40m を越え、i, ii, iii の部屋からの避難が困難になる。流入開始から 90 秒後には領域 1, 3 の水深が 0.70m を越えこの地下室からの避難が不可能になる。

4. 数値解析モデルの検証 ここでは実験結果をもとにポンドモデル³⁾の適用性について考察を行う。このモデルは①地下室を複数の領域に分割し、各領域を固有の容積をもった貯留槽と見立てる。②地下室を貯留槽が 2 次元的に連結した空間として考える。③貯留槽間の流量の算定には、移流項を省略した非定常流式を適用する、という方法である。なお貯留槽に与える階段からの流量は実験結果から逆算した。図 6 に解析結果と実験での地点 2 と地点 4 の水深の時間変化を比較した結果を、図 7 に流入開始から 20 秒後の浸水域の拡がりを示す。地点 2 では計算結果は実験結果を良好に再現しているが、地点 4 では計算結果のほうが実験で計測した水深よりも高く、最大で 0.20m 程度の差が見られる。また浸水先端の拡がりについては、実験結果よりも速く、ずれが見られる。

5. おわりに 小規模地下空間では急激に水深が上昇することが確認された。

避難を考える際には、早期の避難開始が重要であるとともに、ドアや階段の避難限界が地下空間からの避難可能性に影響を与えることがわかった。ポンドモデルは水深の時間変化を概ね適切に再現できることがわかった。しかし、浸水の先端が地下室全域に広がるまでの初期過程を正しく表現するまでには至らなかった。今後の課題として小規模地下空間の浸水時の避難行動シミュレーションなどが挙げられる。

謝辞：京大防災研究所宇治川水理実験所における実験で熱心にご指導頂きました京大防災研究所馬場康之先生に心より感謝申し上げます。

参考文献：1) 亀井：台風に対して、天災人災住まいの文化誌，ミサワホーム総合研究所，1984/ 2) 石垣，戸田，馬場，井上，中川，吉田，多河：実物大階段およびドア模型を用いた地下空間からの避難に関する実験，京大防災年報第 48 号 B，pp.639-646，2005 年 4 月/ 3) 戸田，栗山，大八木，井上：複雑な地下空間における浸水解析，水工学論文集第 47 巻，pp.877-882，2003 年 2 月

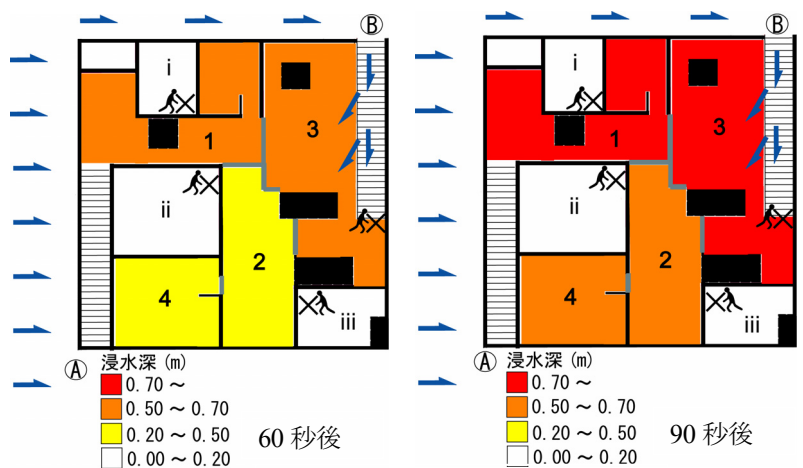


図 5 地下室からの避難可能性

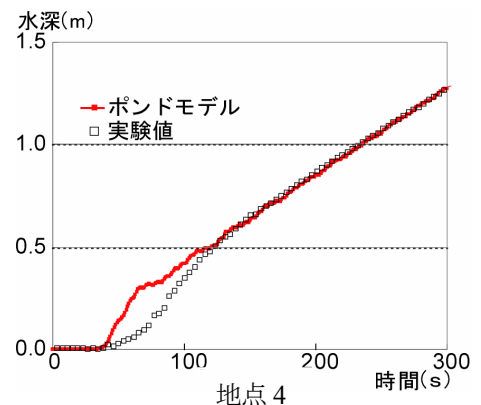
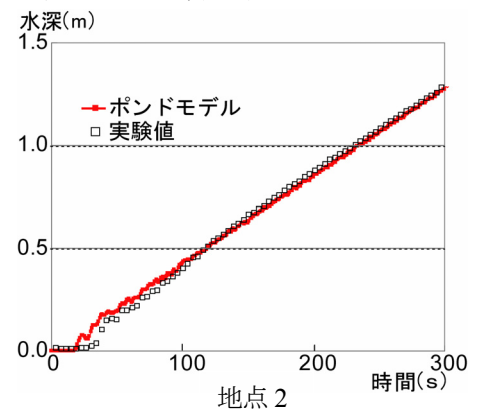


図 6 水深の時間変化の比較

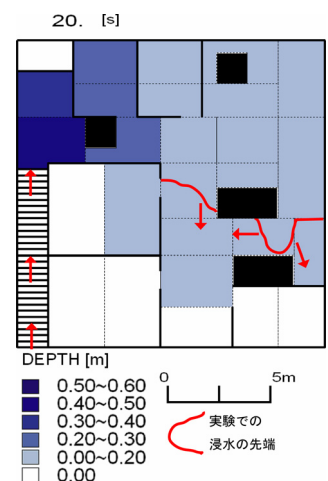


図 7 浸水域の比較