

小規模な地下空間の浸水過程に関する実験

京都大学大学院工学研究科
 国土交通省信濃川下流河川事務所
 京都大学防災研究所
 京都大学防災研究所

学生員 ○山本 大介
 正会員 間島 真嗣
 正会員 戸田 圭一
 正会員 米山 望

1. はじめに 都市には地下街，地下鉄といった大規模な地下空間や中小ビルの地下階，個人宅の地下室といった小規模な地下空間が存在している．そのような地下空間は都市の限られた土地の有効利用に役立っている．一方，水害時に地下は危険な空間となり，とくにビルの地下階や住宅の地下室などの小規模な地下空間は床面積や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い．本研究では水理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既存の地下浸水の数値解析手法の適用性の検討を行う．

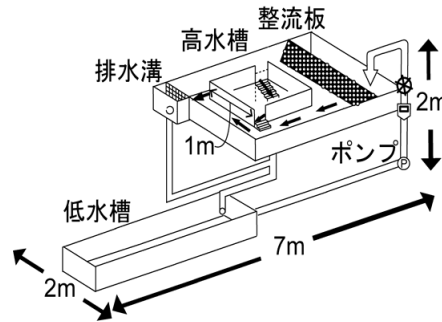


図1 実験装置の概要

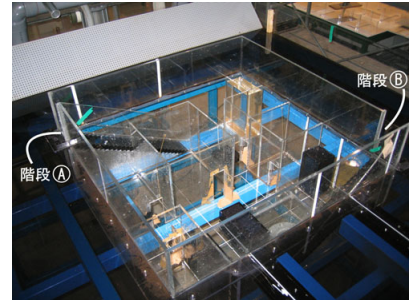


写真1 地下室模型写真

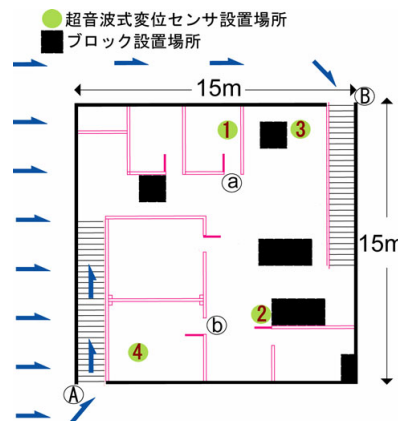


図2 対象地下室平面図

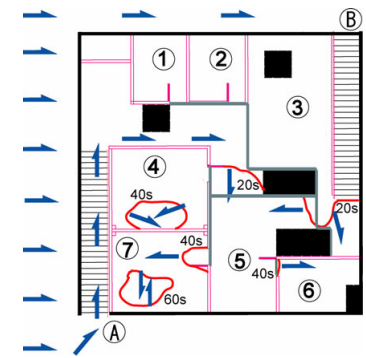


図3 流況

2. 浸水実験 本研究で使用した地下室模型は1辺が15m四方の大きさの都市域で見られる標準的な小規模なビルの地下階である．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

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

(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た後，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)を設置している．なおこれ以降，数値はすべてフルードの相似則により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．60秒後にはほぼ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．

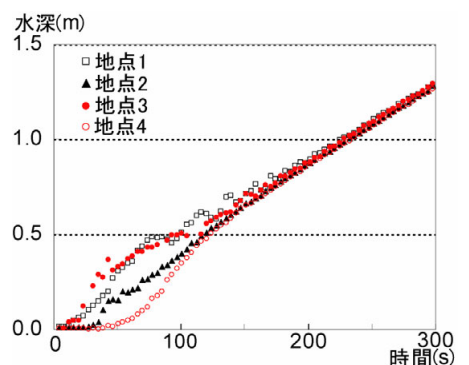


図4 水深の時間変化

キーワード 小規模地下空間，水理模型実験，都市水害，避難

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

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り。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ドア前面の水深を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(X)をつけている。まず階段Bは流入開始時から越

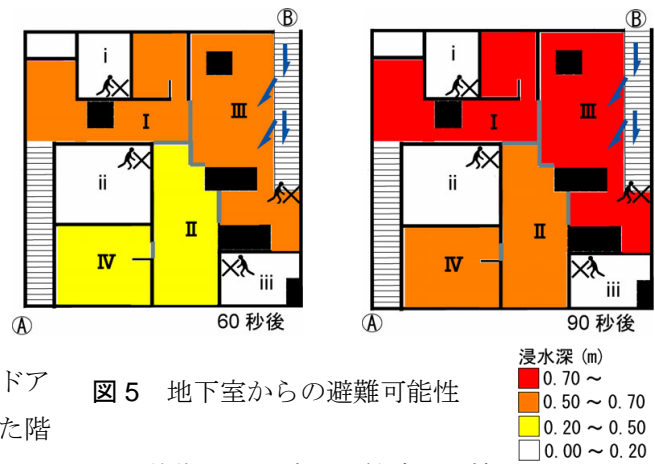


図5 地下室からの避難可能性

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I, IIIの水深が0.50mを越え、領域IIの水深は0.40mに達する。このときi, ii, iiiの部屋からの避難が不可能になり、さらに成人女性がこの地下室から避難することが不可能になる。流入開始から90秒後には領域I, IIIの水深が0.70mを越え、この地下室からの避難が完全に不可能になる。

4. 地下浸水解析モデルの適用性の検討

ここでは実験結果をもとに貯留槽モデル(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貯留槽間の水のやりとりには、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。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。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。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、流入口から最も遠い部屋に浸入する氾濫水の挙動までを正しく再現するまでには至らなかった。また浸水先端の拡がりについては、実験結果よりも速く、少々ずれが見られる。

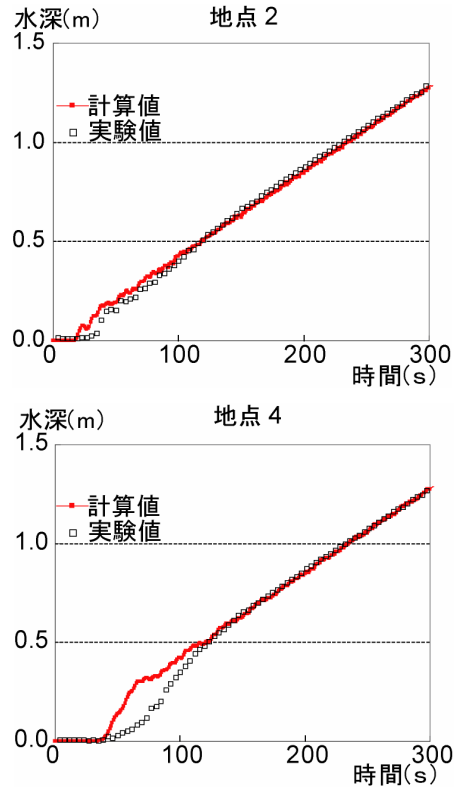


図6 水深の時間変化の比較

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

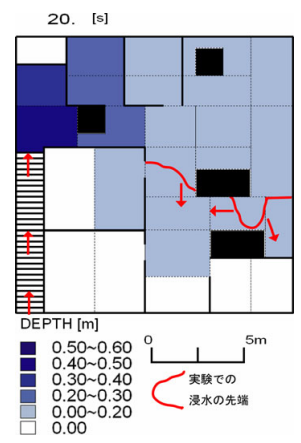


図7 浸水域の比較