

小規模地下空間浸水時における避難困難度の検討

関西大学工学部 〇学生員 山田雄太
 関西大学工学部 正会員 石垣泰輔
 京都大学防災研究所 正会員 馬場康之

関西大学工学部 学生員 石河和也
 京都大学防災研究所 正会員 戸田圭一
 関西大学工学部 正会員 島田広昭

1. はじめに

福岡水害(1999年、2003年)や、東海水害(2000年)のように都市部で洪水氾濫が起これると、地下空間が浸水する恐れがある。地下空間は、大都市の最も栄えているところに存在し、地盤高の低いところであることも少なくない。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。床面積の小さい小規模地下空間は、氾濫水が流入し始めると地下水深の上昇が急激であり、非常に危険である。そこで、地下室などの比較的床面積の小さい小規模地下空間からの避難を想定し、各避難行程がどの程度危険であるかを建物の構造条件、水害の条件別に比較し検討する。

2. 研究目的、研究内容

避難に関する研究は、これまでも行われてきたが、水深が何 cm になると扉をあけることができなくなるといった、個別の障害について、水深という想像のしにくい評価方法がとられていた。本研究では、図-1に示すように、いくつかの建物の構造条件と地上水深の変動を想定することにより地下水深の変動を導き、水深で評価された避難限界を流入開始からどのぐらいの時間以内に避難を開始しなければならないのかという、時間的な避難限界について検討する。

小規模地下空間から地上まで避難を図-2に示すように□水の流入に気が付く、□ドアを開ける、□廊下を歩く、□階段を上る、の四段階にモデル化し、各避難行程での避難限界を時間的に明示する。水害発生時に地上まで避難するためにはこの4つの限界条件すべてを満たさなければならない。そこで、各避難行程における避難限界のうちもっとも厳しいものをその構造条件、水害条件下での避難限界時間とし、建物条件と、水害条件との関係を検討する。

各避難行動の避難限界水深について、ドアの避難限界水深は、実物大ドア模型を用いた実験結果¹⁾より、成人男性 65Kg の場合に得られた 35cm を用い、ドアを開けるのに必要な時間は、25秒という値を使って検討を行う。廊下の避難限界水深は、地下街等浸水時避難計画策定の手引き²⁾から、成人の避難限界を 0.7m という値を用いた。避難時間については、火災時の避難安全検証法より水深 0m の時の避難速度を 1.3m/秒とし、水深 0.7m の時の避難速度を 0m/秒として、水

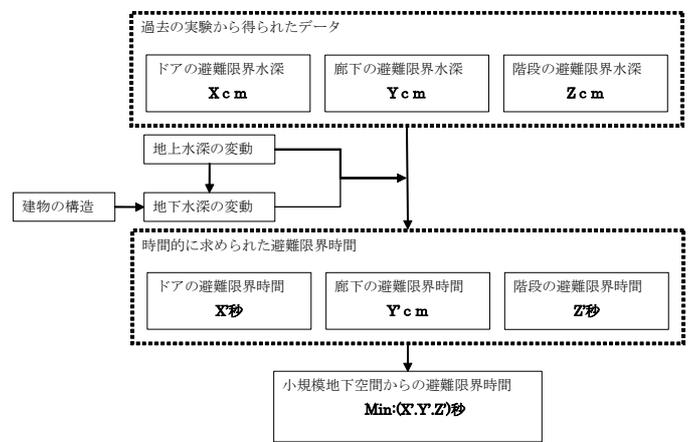


図-1 避難限界時間を求めるフロー

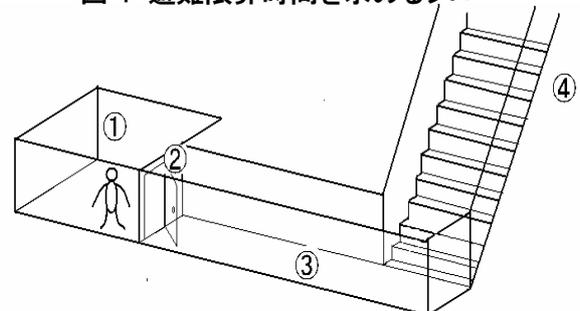


図-2 避難行動モデル

表-1 避難限界時間

洪水の形態	建物の床面積 (㎡)	ドアの避難限界 (秒)	廊下の避難限界 (秒)	階段の避難限界 (秒)	避難可能限界時間 (秒)
内水	100	234	234	900	234 (約4分)
	200	309	304	900	304 (約5分)
	300	364	351	900	351 (約6分)
外水	100	184	173	600	173 (約3分)
	200	242	224	600	224 (約3分半)
	300	285	258	600	258 (約4分半)

キーワード 都市水害 地下空間 避難時間 実物大模型実験

連絡先 〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁目3番35号

関西大学 TEL 06-6368-0857

深が 0m～0.7mの間の避難速度を水深と比例関係にあるとして換算し避難距離を避難速度で割ることで避難時間を求めた。階段の避難限界水深は、実物大階段実験結果¹⁾より、越流水深が 30cm とし、避難時間は 20 秒とした。

建物の構造については、まず地下階へ降りる入り口の構造と地下の間取りを設定する。入り口の数と階段の幅はそれぞれ地下への流入量と比例関係にあり、入り口が多いほど階段の幅が広いほど危険度が高くなる。ここでの計算では、建物の構造と避難困難度との関係を指標として示すため、地上とつながっている階段は 1m幅のものが1つとし、出入り口のマウンドアップ高さを 0mと設定した。次に、床面積と避難距離と廊下の占有面積を決める。建築基準法より出口となる階段までの避難距離が 30m 以内と決まっており、入り口を 1つと設定したため、床面積は避難距離が 30m以内となるような面積でなければならない。そこで、一般的な間取りを考慮して、地下の床面積が 300m²、200m²、100m²の 3種の建物を想定した。また、それぞれの避難距離を 30m、20m、10mとした。床面積に対する廊下の占有面積については、日本の代表的な建築物の廊下占有率を調べた結果³⁾より占有率を 10%と設定した。

地上水深について、地下街等浸水時避難計画策定の手引きでは、過去の浸水実績や氾濫計算結果から平均想定浸水速度を整理している。それによると、最大水深が 0m～0.5mの時は 2cm/分、最大水深が 0.5m～2.0 mの時は 3cm/分で水位が上昇する。この結果を踏まえて内水氾濫と外水氾濫とを比べて、一般的に浸水深が浅い内水氾濫は 2cm/分で、浸水深が深い外水氾濫時は 3cm/分で地上水深が増加すると仮定した。

これらの設定条件から地下水深の水深を求める。地上水深と段落ち式⁴⁾を用いて地下への流入量を計算し、浸水深は一様に上昇すると仮定し、流入量を床面積で割ることによって地下水深の時間的な変化を求めた。

3. 計算結果と考察

まず、計算結果を示す。表-1はそれぞれの洪水形態、建物の構造条件下でドア、階段、廊下を通り避難する場合には、氾濫水の流入開始から何秒後までに避難を開始しなければならないのかという、時間的な避難限界を男女別にまとめたものである。なお、それぞれの条件の中で一番厳しい避難限界を示している過程をその条件下での避難限界とし、その時間内に避難を開始すれば避難可能であるという避難可能限界時間とした。この表から、以下のことが考えられる。

- 1) 床面積が小さいほど避難可能限界時間が短くなっている。これは、面積が小さいほど、地下水深の上昇が急激であり、避難距離より床面積の方が避難困難度に与える影響が大きいことを示している。
- 2) ドアと廊下の避難可能限界時間は各条件でほぼ等しく、各過程の避難困難度は同程度であることがわかる。それに比べ、階段は小規模地下空間からの避難に関してだけ言えば、他の過程よりも避難困難度が低く、水害時には階段まで避難できるかどうか、避難可能かどうかの明暗を分ける。
- 3) 避難可能限界時間は、3分～6分となっており、水密性が高いドアの場合は水が居室部に浸水することはなく、地上の様子が分かりづらい地下空間において、この時間内に水害に気づき、避難を開始するというのは容易ではない。

最後に、ここで示した計算結果は概略を示す程度のものであるが、得られた結果は大まかな指標としては妥当なものだと考えられる。

4. 参考文献

- 1) 馬場康之他：地下空間からの避難に関する実験的検討、第 61 回土木学会年次学術講演会概要集、CS11、2006
- 2) 国土交通省 河川局：地下街等浸水時避難計画策定の手引き、2004
- 3) 山本智雄：建築設計講座 オフィスビル、pp 11, 1976
- 4) 石垣泰輔他：実物大階段模型およびドアを用いた地下空間からの避難に関する水理実験、京都防災研究所年報、第 48 号 B、pp・639-646、2005